

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAINÉIS**  
**VERTICAIS COMPOSTOS POR EPS E TIJOLO**  
**CERÂMICO DE OITO FUROS COMO ISOLANTES**  
**TÉRMICOS PARA A REGIÃO DE CUIABÁ-MT**

**ALUNO: ROBINSON DE CARVALHO ARAÚJO**

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. GILDA TOMASINI MAITELLI**

Cuiabá MT, julho de 2004.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAINÉIS  
VERTICAIS COMPOSTOS POR EPS E TIJOLO  
CERÂMICO DE OITO FUROS COMO ISOLANTES  
TÉRMICOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**

**ALUNO: ROBINSON DE CARVALHO ARAÚJO**

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Física e Meio Ambiente. Área de Concentração: Mudanças Climáticas Globais, Linha de Pesquisa: Climatologia Urbana.*

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup> GILDA TOMASINI MAITELLI**

Cuiabá MT, junho de 2004.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Título: “ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAINÉIS VERTICAIS COMPOSTOS POR EPS E TIJOLO CERÂMICO DE OITO Furos COMO ISOLANTES TÉRMICOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT”.**

**Aluno: ROBINSON DE CARVALHO ARAÚJO**

Dissertação defendida e aprovada em 1º de julho de 2004, pela comissão julgadora:

---

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> GILTA TOMASINI MAITELLI**  
Orientadora  
ICHS/UFMT

---

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**  
FAET/UFMT

---

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> CLEUSA APARECIDA GONÇALVES PEREIRA ZAMPARONI**  
ICHS/UFMT

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a UFMT, pois foi a Instituição de ensino a qual possibilitou que eu realizasse o sonho de ser Arquiteto e Urbanista, me deu a oportunidade de lecionar e agora de chegar ao Mestrado, com ensino público gratuito e de qualidade.

## AGRADECIMENTOS

- A Deus acima de tudo;
- Aos meus pais por todos os momentos;
- A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gilda Tomasini Maitelli que soube levar a orientação sempre de forma precisa e esclarecedora, me dando conhecimento e confiança necessários para a concretização deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pela coordenação e esforços para a realização deste curso de mestrado;
- A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelas informações preciosas e preocupações com o desenvolvimento desta pesquisa;
- A todos os professores do Programa de Mestrado em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, os quais demonstraram-se dispostos a formar um grupo de excelência em nosso país;
- Ao Engenheiro Sérgio por possibilitar a instalação dos aparelhos na edificação em EPS de sua propriedade;
- Ao Engenheiro Felipe, representante da ISOESTE em Goiânia que não mediu esforços para que me pudesse pudesse chegar em mãos às placas de EPS necessárias para a realização desta pesquisa, de forma gratuita e extremamente atenciosa;
- Ao Prefeito do Campus da UFMT em Cuiabá, Rubens Mauro Ribeiro Leite e os pedreiros chefiados pelo Sr Ivo Bibiano de Lima que muito me auxiliaram na confecção dos painéis;
- Aos alunos do Curso de Engenharia Sanitária, Jesse, Helton e Marcelo pelo auxílio no transporte dos materiais caminhando do Bloco da FAET até a Estação Climatológica da UFMT;
- Ao aluno do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Jonathan Moraes pelo auxílio nos relatos fotográficos;
- A Soilse pela paciência e colaboração nos serviços de secretaria;
- A todos colegas de curso, sem os quais não seria possível chegar até aqui.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	v
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 – PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 – JUSTIFICATIVA.....	2
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 – ABORDAGENS SOBRE O CLIMA.....	4
2.2 – PROPRIEDADE FÍSICA DOS MATERIAIS.....	12
2.3 – O EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO).....	18
2.4 – MATERIAIS CERÂMICOS.....	20
<b>3 – ÁREA DE ESTUDO</b> .....	24
3.1 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL.....	25
3.1.1 - O município e o sítio urbano de Cuiabá - caracterização geral.....	27
3.1.1.1 – <i>Registros de dados climáticos</i> .....	29
3.1.2 – Localização das áreas escolhidas para coleta de dados.....	31
<b>4 – MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	32
4.1 – MATERIAIS.....	32
4.1.1 – Equipamento para obtenção da temperatura e umidade relativa do ar.....	32
4.1.2 – Equipamento para obtenção da temperatura radiante média.....	33
4.1.3 – As edificações.....	33
4.1.4 – O painel vertical composto por EPS (poliestireno expandido).....	34
4.1.5 – O painel vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos.....	35
4.2 – MÉTODO.....	36
4.2.1 – Tipo de pesquisa.....	36
4.2.2 – Fases de coleta de dados.....	37
4.2.2.1 – <i>Escolha e caracterização das edificações da primeira fase de coleta de dados</i> .....	37
4.2.2.2 – <i>Escolha do ambiente</i> .....	40
4.2.3 – Determinação do local para a segunda de coleta de dados.....	41
4.2.3.1- <i>A escolha do local para confecção dos painéis verticais</i> .....	41
4.2.3.2 – <i>A construção dos painéis</i> .....	42
4.2.3.3– <i>Do processo construtivo</i> .....	42
4.2.3.4 – <i>Dos acabamentos</i> .....	43
4.3 – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	44
4.4 - PERÍODO DE COLETA DE DADOS.....	45

<b>5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	47
5.1 – FASE 1.....	47
5.1.1 – Análise comparativa da temperatura radiante média (TRC °C) entre as edificações “1” e “2”.....	48
5.2 – FASE 2.....	51
5.2.1 – Primeira coleta de dados.....	52
5.2.1.1 – <i>Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre os painéis “1” e “2”</i> .....	52
5.2.2 – Segunda coleta de dados.....	58
5.2.2.1 – <i>Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre os painéis “1” e “2”</i> .....	58
<b>6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	65
6.1 – RECOMENDAÇÕES.....	66
<b>7 – BIBLIOGRAFIAS.....</b>	67
7.1 – BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....	67
7.2 – BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	71
<b>ANEXOS.....</b>	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Propriedades radiativas de materiais urbanos.....	18
Tabela 02	Resistência à compressão mínima dos blocos de vedação ou estrutural.....	23
Tabela 03	Médias mensais de variáveis climáticas observadas em Cuiabá no Período de 1970-2002.....	29
Tabela 04	Médias anuais de variáveis climatológicas observadas em Cuiabá no período de 1970-2002.....	30

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Representação esquemática da atmosfera urbana: camada limite (CLU), camada limite do dossel urbano (CLD); camada limite rural (CLR).....	06
Figura 02	Condução através de um Sólido homogêneo.....	12
Figura 03	Transferência de calor por condução unidimensional (difusão de energia).....	13
Figura 04	Esquema explicativo para determinação de K para paredes heterogêneas em espessura.....	15
Figura 05	Troca radiativa entre uma superfície e as suas vizinhanças.....	16
Figura 06	Localização de Cuiabá.....	25
Figura 07	Planta da cidade de Cuiabá, indicando os locais do experimento	28
Figura 08	Thermo-higrômetro.....	32
Figura 09	Radiômetro.....	33
Figura 10	Detalhe construtivo de um painel preenchido por EPS.....	34
Figura 11	Secção transversal em um painel composto por EPS.....	35
Figura 12	Secção transversal de um painel em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos.....	36
Figura 13	Perspectiva isométrica de uma parede em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos.....	36
Figura 14	Edificação composta por painéis verticais com enchimento com blocos de EPS, edificação “1”.....	38
Figura 15	Edificação composta por painéis verticais com enchimento em tijolos cerâmicos de oito furos, edificação “2”.....	38
Figura 16	Localização das edificações.....	39
Figura 17	Planta baixa da edificação “1”.....	40
Figura 18	Planta baixa da edificação “2”.....	41
Figura 19	Locação dos painéis ao lado da Estação Climatológica Mestre Bombled, Campus da UFMT.....	42
Figura 20	Painéis com os materiais expostos.....	43

Figura 21	Painel composto por EPS após colocação da tela de aço em processo de revestimento.....	44
Figura 22	Painéis prontos.....	44
Figura 23	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para as 8:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03....	48
Figura 24	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para as 12:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03..	49
Figura 25	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para as 16:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03..	49
Figura 26	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para às 20:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03..	50
Figura 27	Análise comparativa da umidade relativa do ar (UR%) entre as edificações “1” e “2”, de 29/04/03 à 03/05/03.....	51
Figura 28	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 8:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	53
Figura 29	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 10:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	53
Figura 30	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 12:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	54
Figura 31	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 14:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	55
Figura 32	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 16:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	56
Figura 33	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 18:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	56

Figura 34	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 20:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.....	57
Figura 35	Variação da umidade relativa do ar (UR%) média de 30/03/04 à 01/04/04.....	58
Figura 36	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 8:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	59
Figura 37	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 10:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	59
Figura 38	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 12:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	60
Figura 39	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 14:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	60
Figura 40	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 16:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	61
Figura 41	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 18:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	62
Figura 42	Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 20:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.....	62
Figura 43	Variação da umidade relativa do ar (UR%) média de 19/05/04 à 21/05/04.....	63
Figura 44	Proposta de painel de fechamento vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos, EPS e argamassa.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica
ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
ACEPE	Associação Industrial do Poliestireno Expandido em Portugal
ANICER	Associação Industrial da Industria Cerâmica
CFC	Cloro Flúor Carbono
CLD	Camada Limite do Dossel Urbano
CLU	Camada Limite Urbana
DNMET	Departamento Nacional de Meteorologia
EPS	Poliestireno Expandido
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPDU	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano
OMM	Organização Meteorológica Mundial
T °C	Temperatura do Ar
TRM °C	Temperatura Radiante Média
UR%	Umidade Relativa do Ar

## LISTA DE SÍMBOLOS

K	Coeficiente Global de Transmissão Térmica	W/m <sup>2</sup> °C
$\lambda$	Coeficiente de Condutibilidade Térmica do Material	W/m <sup>2</sup> °C
$\alpha$	Coeficiente de Absorção	W/m <sup>2</sup>
$\rho$	Coeficiente de Reflexão ou Albedo	W/m <sup>2</sup>
$\tau$	Coeficiente de Transmissão	W/m <sup>2</sup>
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann	5,67x10 <sup>-8</sup> Wm <sup>-2</sup> K <sup>-4</sup>
$\varepsilon$	Emisividade da Superfície	%
$\theta_e$	Temperatura da Superfície Externa da Envolvente	°C
$\theta_i$	Temperatura da Superfície Interna da Envolvente	°C
$h_e$	Coeficiente de Condutância Térmica Superficial Externa	W/m <sup>2</sup> °C
$h_i$	Coeficiente de Condutância Térmica Superficial Interna	W/m <sup>2</sup> °C
$q_x$	Taxa de Condução de Calor	W
R	Densidade do Fluxo de Radiação	W/m <sup>2</sup>
T	Temperatura Absoluta do Corpo Negro	K
$t_e$	Temperatura do Ar Externo	°C
$t_i$	Temperatura do Ar Interno	°C
T °C	Temperatura do Ar	°C
TRM °C	Temperatura Radiante Média	°C
UR%	Umidade Relativa do Ar	%

## RESUMO

ARAÚJO, R. C. **Estudo comparativo entre painéis verticais compostos por EPS e tijolo cerâmico de oito furos como isolantes térmicos para a região de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2004. 83p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente - ICET –UFMT.

A Região Centro Oeste do Brasil, localizada em uma área tropical caracterizada por índices elevados de radiação solar o ano todo, que origina a ocorrência de temperaturas do ar elevadas e Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, situada em uma depressão e circundada por relevo de chapadas possui um clima quente, e, muitas vezes, desconfortável, sendo um dos maiores exemplos neste contexto. Pensando em proporcionar maior conforto às edificações desta região procura-se sempre inovar em tecnologia de materiais de construção, assim, pensou-se na utilização do sistema construtivo em que os painéis são preenchidos por EPS (Poliestireno Expandido), material caracterizado como potencial isolante térmico e acústico. E, para uma melhor caracterização deste sistema construtivo realizamos nossa pesquisa comparando-o a tecnologia adotada atualmente, em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, demonstrando, a partir de um comparativo, qual sofre menor influência da radiação solar característica, a qual condiciona as edificações a níveis baixos de conforto térmico. Os painéis verticais são responsáveis em boa parte por esta condição, pois são mecanismos de transportes de calor para o interior dos ambientes construídos e, baseado-se nesta propriedade física fizemos um comparativo entre as variáveis ambientais: temperatura do ar ( $T$  °C); temperatura radiante média (TRM °C) e umidade relativa do ar (UR%), demonstrando que os painéis verticais com enchimento em EPS resultam em um pequeno ganho de conforto em relação ao outro sistema analisado, porém o sistema ainda necessita ser revisado pois demonstrou altos índices de absorção de radiação nas faces expostas ao sol.

**Palavras-chave:** EPS, Tijolo Cerâmico e Radiação.

## ABSTRACT

ARAÚJO, R. C. **Comparative study between vertical panels composites for EPS and eight holes ceramic brick how thermic isolant for the Cuiabá-MT region.** Cuiabá, 2004. 83p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente - ICET –UFMT.

The Region Center West of Brazil, located in a tropical area characterized by raised indices of solar radiation the year all, what it originates the occurrence of high temperatures of air and Cuiabá capital of the State of Mato Grosso, situated in chapadas a depression and surrounded relief of possesss a hot climate, and, many times, discomfort, being one of the biggest examples in this context. Thinking about providing to greater comfort to the constructions of this region it is always looked to innovate in technology of construction materials, thus, was thought about the use of the constructive system where the panels are filled by EPS (Poliestireno Expandido), characterized material as potential thermal and acoustic insulator. E, for one better characterization of this constructive system we carry through our research comparing it technology adopted currently, in masonry of ceramic bricks of eight punctures, demonstrating, from a comparative degree, which suffers to minor influence from characteristic the solar radiation, which conditions the constructions the low levels of thermal comfort. The vertical panels are responsible in good part for this condition, therefore they are mechanisms of transports of heat for the interior of constructed environments e, based on this physical property we made a comparative degree between the ambient variable: temperature of air ( $T$  °C); average radiating temperature ( $TRM$  °C) and relative humidity of air (UR%), demonstrating that the vertical panels with wadding in EPS result in a small profit of comfort in relation to the other analyzed system, however the system still needs to be revised therefore demonstrated high indices of absorption of radiation in the displayed faces to the sun.

**Keywords:** EPS, Ceramic Brick and Radiation

# **1 - INTRODUÇÃO**

## **1.1 - PROBLEMÁTICA**

Cuiabá, capital de Mato Grosso é conhecida por suas altas temperaturas o ano todo, devido à sua localização e aos acidentes geográficos que a entornam. E, desde a sua descoberta em 1719, construtores buscaram solucionar de maneira viável este entrave climático, para que as edificações regionais sejam abrigos confortáveis àqueles designados a utiliza-las.

No passar dos anos foram utilizadas diversas tecnologias aplicadas a construção civil regional, desde as largas paredes de adobe, que consistia em grandes blocos de argila que eram secados ao sol e empilhados para formar este painel, com seus pés-direitos altos no início da colonização até a atual tecnologia em alvenaria de tijolos cerâmicos, já bem difundida e empregada na maior parte das edificações atuais. Porém, ainda demonstra ser importante o avanço dos materiais e técnicas construtivas que possibilitem um maior conforto aos ambientes além de buscar soluções alternativas e de baixo custo, com um emprego mais racional dos materiais e com uma técnica mais aguçada.

Entre estas novas tecnologias temos os painéis de fechamento com seu miolo preenchido por blocos de EPS (Poliestireno expandido), os quais sugerem ser de fácil aplicação e custo próximo aos praticados hoje, sendo isso demonstrado em alguns exemplos já edificados em nossa região. Porém, não houve ainda, um estudo mais aprofundado sobre as propriedades do sistema construtivo em relação ao nosso clima, causando assim algum receio da sua aplicação em maior escala. Ao divulgar resultados efetivos sobre esta tecnologia haverão mais profissionais qualificados para um correto aproveitamento desta tecnologia, dando assim uma nova possibilidade para o nosso edificar regional.

## 1.2 - JUSTIFICATIVA

Baseando-se na recente tecnologia de painéis verticais recheados por blocos maciços de EPS, desenvolvemos nossa pesquisa para a obtenção de dados concretos a respeito da influencia do clima de nossa região nesse sistema construtivo, através da observação do seu potencial como isolante térmico a partir de comparações com a tecnologia atualmente mais utilizada para confecção de painéis verticais em edificações, ou seja, a alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos. Essa comparação possibilita verificar qual destes sistemas melhor se adapta às características climáticas de nossa região, as quais são determinadas por duas estações distintas, sendo uma seca (de maio a outubro) e outra chuvosa (de novembro a março) com ambas tendo altos valores de temperatura do ar, além, da ventilação natural, na maior parte do dia desprezível, pois não ultrapassa 1,5 m/s. Esse fato potencializa a radiação emitida por estes painéis em direção aos ambientes internos com os quais eles fazem face, pois pela ausência do vento perde-se um mecanismo eficaz para diminuição da temperatura armazenada pela face que recebe a radiação a partir de trocas de calor. Podemos citar ainda a posição geográfica de nossa região, observada por ser em uma depressão ou baixada, a qual, comprovadamente tem características que dão ao nosso clima este aspecto termicamente desconfortável em muitos períodos.

Convém destacar que temos poucos estudos aprofundados a respeito de propriedades físicas destes painéis verticais em relação ao clima de nossa região, como a condutividade térmica, a reflexão e a absorção dos raios solares. A radiação solar que atinge esses painéis é característica por ter alta frequência e ondas curtas, porém, ao ser absorvida pelo sistema, principalmente nas faces oeste das edificações, se transformam em ondas longas com baixa frequência, o que denominamos de radiação térmica, transmitindo desconforto térmico ao interior destes ambientes sem a proteção adequada, sendo uma constante crítica de usuários de um modo geral e independente do uso a qual esta edificação está relacionada.

Desta forma o presente estudo pretende contribuir para a análise dos aspectos climáticos na cidade de Cuiabá/MT e suas conseqüências nos painéis verticais das

edificações locais, assim como em ambientes fechados, a partir da comparação da influência da radiação sobre estes sistemas construtivos.

A análise foi baseada em um comparativo entre duas destas técnicas construtivas para painéis verticais, sendo que em uma primeira fase analisamos duas edificações de uso residencial, onde uma era edificada utilizando painéis verticais compostos por blocos de EPS e a outra com painéis verticais em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos. Em uma segunda fase analisamos individualmente estes painéis verticais, independentes de edificação, dispostos lado-a-lado e localizado no eixo leste-oeste para que a influência da radiação solar seja representativa nos resultados apresentados.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – ABORDAGENS SOBRE O CLIMA

O conceito de clima consiste em definições baseadas na Climatologia tradicional, onde as características atmosféricas eram analisadas como fenômenos da natureza sem a interferência do homem. Assim as ações antrópicas não eram consideradas agentes climáticos

Entretanto o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1977) publicou um caderno sobre mudanças climáticas onde se baseia em conceitos da OMM (ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL) que entende o clima como um sistema resultante das interações entre atmosfera e superfície terrestre cujos vínculos físicos e químicos, variados e complexos, tem um papel primordial no comportamento climático global. Essa abordagem coloca o clima nas discussões ambientais e as ações antrópicas juntamente com as variações climáticas naturais como responsáveis pelas mudanças climáticas.

**“Modernamente a noção de clima passa a ter um caráter mais específico havendo diversidade nas suas definições, conforme a área de conhecimento a que se destina o estudo, dificultando uma única definição essencial. Surge então, a noção de CLIMATOLOGIA APLICADA, destinada aos mais variados setores da atividade humana”** (LAMBERTS et al., 1994).

É importante ressaltar uma conceituação a respeito da composição atmosférica, pois esta interfere diretamente na climatologia de forma geral, além de ser um meio controlador da entrada de radiação solar em nosso meio, portanto, como coloca MASCARÓ (1983) o ar é uma mistura de gases muito compressíveis, sendo suas camadas inferiores muito mais densas que as superiores. Por exemplo, a

densidade média do ar diminui desde aproximadamente 1,2 Kg/m<sup>3</sup> na superfície até 0,7 Kg/cm<sup>3</sup> a 5.000m de altitude, que é o limite da habitabilidade humana. Ainda que a atmosfera seja composta por um certo número de gases, cinco deles – nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e vapor d'água constituem 99,9% de seu volume. As variações com a altura estão relacionadas com a localização das fontes de gases não permanentes – o vapor d'água e o ozônio, uma vez que ambos absorvem parte da radiação solar terrestre, o balanço de luz e calor e a distribuição vertical de temperatura da atmosfera se vêem consideravelmente afetados pela distribuição destes gases.

Apesar da existência de todos os elementos que compõe a atmosfera estes funcionam sempre relacionados com todos os meios, porém, ao nível urbano é interessante ressaltar algumas considerações, como colocado a seguir.

**“Além do clima em dada região ser determinada pela variação e inter-relação de diversos elementos, os principais fatores climáticos a serem considerados para se dotar o homem e os projetos de edificação de conforto térmico são: radiação solar, radiação de onda longa emitida da terra para a atmosfera, temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa e precipitação (chuva, neve, etc), considerando-se que a manutenção do equilíbrio térmico entre o corpo humano e seu ambiente é um dos principais requisitos para a saúde, o bem-estar e o conforto”, (GIVONI, 1981).**

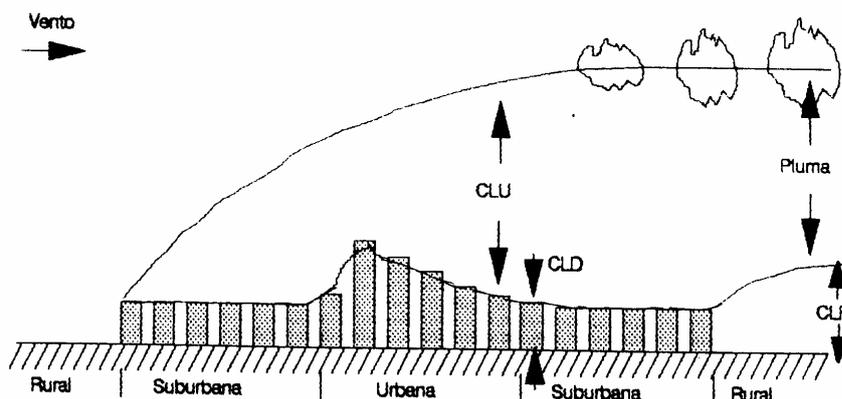
O número de habitantes em áreas urbanas subiu de 600 milhões em 1890 para 2 bilhões em 1986, e se esta tendência continuar, em 2010 mais de 80% da população mundial estará nas cidades. Vê-se necessário, então, fazer considerações neste momento a respeito de clima urbano para que possamos ter uma maior base conceitual para a interpretação da influência deste nas edificações, assim como desenvolver mecanismos para a suavização de seus efeitos.

Torna-se então importante ressaltar elementos urbanos que interferem no clima, pois estes irão sempre agir correspondentemente a presença de novas áreas urbanas e edificações que alterem a natureza do local.

OKE (1987) a respeito disso demonstra que conhecer o balanço de energia de uma superfície é fundamental para entender a camada limite meteorológica e climatológica de uma área. O balanço de energia de uma superfície urbanizado é

definido como um volume que contém os elementos da superfície do dossel, o ar entre os elementos do dossel e na direção do chão, com uma profundidade suficiente para assegurar que as trocas verticais de calor sejam insignificantes durante o período de estudo.

A interação entre a atmosfera e os elementos do processo urbanos são estudados em duas camadas limites principais: a Camada Limite Urbana (CLU), escala local e de meso escala; bem acima da altura média dos telhados, que é governada pela natureza da superfície urbana geral e a Camada Limite do Dossel Urbano (CLD) com interações produzidas em micro escala, pelos processos que operam nas ruas entre os edifícios até a média da altura dos prédios (nível dos telhados). Abaixo podemos ver um esquema gráfico demonstrando em relação ao meio urbano a localização destas camadas limites.



**Figura 01** - Representação esquemática da atmosfera urbana: camada limite (CLU), camada limite do dossel urbano (CLD); camada limite rural (CLR).

Fonte: OKE (1987)

Outro fato que demonstra ser importante ressaltar e como bem coloca DUARTE (2000) é que até pouco tempo os principais esforços na área chamada da arquitetura bioclimática estavam voltados para o desempenho higrotérmico dos edifícios, e pouco tinha sido feito visando uma adequação climática do espaço urbano e melhoria das condições de conforto nos espaços públicos, apesar dos princípios já largamente difundidos pela Carta de Atenas, da obrigatoriedade do planejamento regional e urbano, da submissão da propriedade privada do solo urbano aos interesses coletivos, da limitação do tamanho e da densidade das cidades, da

edificação concentrada, porém adequadamente relacionada com amplas áreas de vegetação, da separação da circulação de veículos e pedestres, etc.

**“Além das questões relacionadas ao consumo de energia é consenso entre os pesquisadores a grande responsabilidades do planejamento e dos projetos urbanos e de edificações no controle da qualidade do clima da cidade, com repercussões diretas sobre a qualidade de vida urbana”, (ASSIS, 1990).**

Em relação da influência do clima nas edificações DUARTE (2000) coloca que as alterações climáticas relacionadas ao meio ambiente urbano provocam mudanças no regime de chuvas e fluxo de ventos, gerando ilhas de calor e de frio, provocando um aumento no consumo de energia para a climatização artificial dos edifícios, além de desconforto para a população.

Para se ter um melhor aproveitamento energético de uma edificação deve-se atender a necessidades dependentes ao clima regional e suas características, como coloca OLGYAY (1998), voltado ao clima externo demonstra que em função dos numerosos microclimas existentes em uma região, deve-se dar especial atenção à implantação de uma edificação, disso resultando maior ou menor ganho de radiação solar e, particularmente nas regiões quentes e úmidas, possibilidade de conforto térmico interno, através da ventilação natural via aproveitamento eficiente da direção predominante do vento.

Já GIVONI (1998) afirma que são muitas as características, em um projeto de arquitetura, que afetam a edificação, pelo que indica quatro formas de interação da construção em seu meio ambiente:

1° A efetiva exposição solar dos elementos envidraçados ou opacos que pertencem ao envelope (suas paredes e cobertura);

2° O efetivo ganho de calor solar do edifício;

3° A taxa de ganho ou perda condutiva ou convectiva de calor para o ambiente;

4° O potencial para ventilação natural e resfriamento passivo do edifício.

Afirma ainda que as principais características que afetam algumas ou todas essas interações do edifício com o meio ambiente são:

- a - Forma do edifício;
- b - Orientações e condições de sobreamento das janelas;
- c - Orientação e cor das paredes;
- d - Tamanho e localização das janelas sob aspecto de ventilação;
- e - Efeito da condição de ventilação da edificação na sua temperatura interna.

Em climas onde o nível de conforto necessita de elementos consumidores de energia como condicionadores de ar ou aquecedores uma adequação arquitetônica às necessidades regionais podem trazer ganhos consideráveis na qualidade da edificação, assim como uma racionalização dos espaços e um ganho energético considerável, tornando estes elementos mais independentes de fontes externas.

Como bem coloca ORNSTEIN (1992) o desempenho é uma propriedade que caracteriza quantitativamente o comportamento de um produto em uso, entretanto, na arquitetura, o desempenho pode ser entendido como o resultado obtido na proposta de servir o homem, onde, particularmente com respeito ao conforto térmico, pesquisas são desenvolvidas e aperfeiçoadas.

ROULET\* apud ANDREASI (2001) afirma que um edifício bem adaptado tem bom isolamento térmico, apropriado ganho solar passivo e adequado sistema de ventilação, provendo conforto sem outra fonte de energia que a do sol durante a maior parte do ano. Com isso, a energia adicional necessária tanto para aquecimento quanto para resfriamento é extremamente reduzida.

Estes artifícios arquitetônicos ficam cada vez mais evidentes em projetos de arquitetura, demonstrando ser a nova tendência na área, atendendo a necessidades mundiais de ganhos energéticos e conseqüentemente de conforto para os usuários de edificações, sendo a melhor indicação para concepção de partidos arquitetônicos.

Seguindo a esta tendência há alguns anos já temos pesquisas buscando alternativas para trazer melhorias às edificações. A criação de softwares de análise climática tem se demonstrado uma alternativa interessante para esta concepção, mas

---

\* ROULET, C. **Indoor Environment quality in Buildings and its impact on outdoor environment.** Energy and Buildings, vol. 33, 2001 pp. 183-191.

ainda são necessários um maior avanço e padronização entre estes, pois como bem colocam RAUBER et al. (1993) em seus estudos de simulação para diferentes climas analisando salas comerciais utilizando softwares de simulação térmica demonstrou que estes programas apresentam resultados diferenciados independente do tipo de clima utilizado na simulação, não havendo em nenhum momento um consenso nos resultados. Não se pode, portanto, determinar a validade dos resultados devido à ausência de um padrão de comparação, ou seja, a utilização destes softwares para a simulação da influência dos sistemas em evidência em nosso estudo não se demonstra vantajosa já que põe em dúvida a veracidade dos resultados obtidos.

O desenvolvimento de estudos em relação ao conforto dos ambientes tem se ampliado muito sendo que entre estes podemos destacar XAVIER (1997), que em seu estudo sobre temperatura interna de conforto na atividade escolar analisou a partir de dados práticos o número real de insatisfeitos de um ambiente, através de entendimento diferenciado de seus votos de sensação térmica, assim como a determinação da temperatura de conforto utilizando-se de um método de regressão não linear entre temperatura operativa e percentagem de insatisfeitos, contrariando a Norma ISO 7730 (1984) que propõe uma análise analítica para obtenção dos índices, enquanto estudos de campo sugeriram uma análise gráfica através de linhas de regressão linear.

Seguindo este conceito BARBOSA (1997) desenvolveu uma metodologia para avaliar o desempenho térmico em edificações residenciais uni familiares ao clima de Londrina – PR, mas que pode ser aplicada a outros tipos de climas, sendo o requisito de avaliação adotado o limite máximo aceitável de horas anuais de desconforto no qual as temperaturas estão fora da zona de conforto térmico de Givoni e aplicada em tipologias construtivas de COHABs no Brasil. A partir desta metodologia inovadora criou-se então o critério de quantificação de horas anuais de desconforto denominado de método das horas anuais de desconforto o qual demonstrou resultados viáveis para a análise destas edificações.

O confronto entre sistemas com mesma finalidade é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de novas tecnologias para edificações com demonstrou MACIEL (2002) em seu estudo nos edifícios da Câmara Legislativa do Distrito Federal em Brasília, fazendo uma análise comparativa de dados de

temperatura e umidade nas salas destas edificações, com a aplicação de estratégias alternativas de climatização em alguma delas, tornando possível a eficiência das soluções arquitetônicas do prédio e de sistemas mais econômicos de climatização como o de resfriamento evaporativo, demonstrando que a utilização de isolamento térmico em conjunto com resfriamento evaporativo configura uma solução bastante viável para o caso além de aumento do número de satisfeitos nos ambientes a partir do uso do método alternativo.

Em relação ao sistema construtivo analisado nesta pesquisa temos referências de que MENDES et al. (1997) estudaram a influência da umidade nas cargas de resfriamento de paredes submetidas a condições de chuva, radiação solar, convecção e mudança de fase, analisando a dependência com o tempo, dos perfis de conteúdo de umidade e de temperatura e das cargas de resfriamento em paredes de diferentes materiais numa semana de verão em Florianópolis (clima quente e úmido). Neste trabalho demonstrou que a presença de umidade pode provocar grandes erros nos cálculos de transferência de calor por condução, e ainda, que paredes em um clima quente e úmido ao secar geram uma alta carga latente com o acionamento de condicionadores de ar.

Como podemos ver torna-se importante o estudo isoladamente de painéis verticais (paredes), pois estes são elementos importantes no condicionamento de um ambiente, pois tem contato com o meio externo e interno, sendo elemento de comunicação entre estes. Dentre estes sistemas construtivos podemos citar uma recente tecnologia onde as paredes são preenchidas por blocos de EPS, tecnologia em evidência em nosso estudo.

Uma primeira análise a respeito do funcionamento térmico de uma edificação utilizando este sistema foi feita por FINGER (2003), que realizou pesquisas na primeira residência edificada utilizando um sistema de painéis compostos por blocos de EPS na região de Cuiabá - MT, avaliando o desempenho térmico desta edificação para o clima característico de altas médias de temperaturas durante todo o ano, analisando variáveis obtidas *in locu* com equipamentos adequados e aplicando em quatro diferentes métodos de avaliação de conforto térmico, sendo eles: Índice de Temperatura Efetiva, Índice de Conforto Equatorial, Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (NR-15) e Método de Fanger (ISO 7730, 1984; ISO10551,

1995), os resultados mostraram que a edificação atendeu neste estudo às condições de conforto para os três primeiros métodos em todos os horários da manhã e tarde e algum período noturno, porém para o Método de Fanger a edificação se encontrou fora da zona de conforto térmico.

Porém ainda não havia uma comparação deste sistema com o atualmente mais utilizado para se edificar painéis, a tecnologia da alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, para que se tenha real valor de ganhos energético e de conforto, pois segundo HERTZ (1998) em climas quentes é recomendável a construção de paredes que isolem os habitantes do calor externo, sendo conveniente manter a temperatura das paredes interiores mais baixa que a temperatura da pele, de tal maneira que o corpo possa perder calor por radiação até as superfícies mais frescas. Quando a temperatura das paredes ou do teto ultrapassa os 28,4 °C, há um alto nível de desconforto. Assim, embora o interior seja fresco, graças à ventilação, as paredes aquecidas tornam o ambiente desagradável. Além disso, nessa zona, com a pequena mudança nas temperaturas diárias e no índice de umidade, as paredes não devem ser maciças, para não dificultar o controle da temperatura do ambiente interno. Na realidade as paredes maciças podem retardar o resfriamento do interior quando há uma queda da temperatura externa durante a noite.

Dessa forma torna-se importante uma determinação de um sistema construtivo ideal para ser utilizado em nossa região, pois como coloca CRITCHFIELD\* apud AYOADE (1998) a saúde humana, a energia e o conforto são afetados mais pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente. As funções fisiológicas do homem respondem às mudanças do tempo atmosférico. Certas doenças são induzidas pelo clima em tempos diferentes.

Ainda segundo AYOADE (1998) os elementos do clima que afetam diretamente as funções fisiológicas do homem incluem radiação (insolação), temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica. O conforto fisiológico do homem é determinado principalmente pela temperatura, pelo vento e pela umidade. Diferenças na sensação de conforto entre indivíduos expostos às mesmas ou similares condições climáticas são ocasionadas por variações na idade, estada de

---

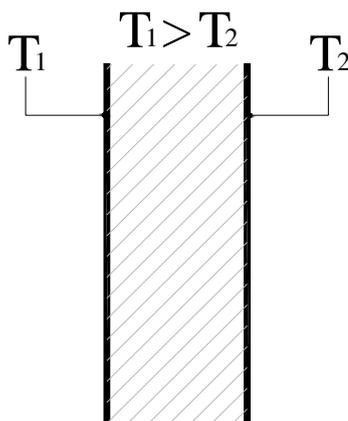
\* CRITCHFIELD, H. J. **General Climatology**. New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1974.

saúde, atividade física, tipo e quantidade do vestuário, experiências climáticas passadas ou grau de aclimatação.

Portanto, o estudo das propriedades físicas dos materiais torna-se importante, pois são ferramentas importantes na caracterização dos mesmos, assim como na composição de sistemas construtivos.

## 2.2 – PROPRIEDADE FÍSICA DOS MATERIAIS

Segundo INCROPERA & WITT (1992) quando temos a transferência de energia de uma região onde existem partículas mais energéticas para outra região com partículas menos energéticas em uma devida substância, devido à interação das partículas constitui o fenômeno físico da condução. Este sendo essencial para a concretização de nossos experimentos, pois como ilustrado na Figura 02 em um mesmo sólido possuímos duas faces, as quais apresentam Temperaturas Radiantes Médias diferenciadas devido a fatores ambientais, portanto, a partir do que foi descrito a troca energética se realiza fazendo com que a condutividade térmica dos materiais que compõem os sistemas seja fato importante para o resultado final no comparativo entre estes.



**Figura 02** - Condução através de um sólido homogêneo.

Fonte: INCROPERA & WITT (1992)

É possível quantificar o processo de transferência de calor em termos da *equação da taxa* apropriada. A equação pode ser usada para calcular-se a quantidade de energia transferida por unidade de tempo. Na condução do calor, a equação da taxa é conhecida como *Lei de Fourier*. No caso da parede plana unidimensional que aparece na Figura 03, com a distribuição de temperatura  $T(x)$ , a equação da taxa exprime-se como:

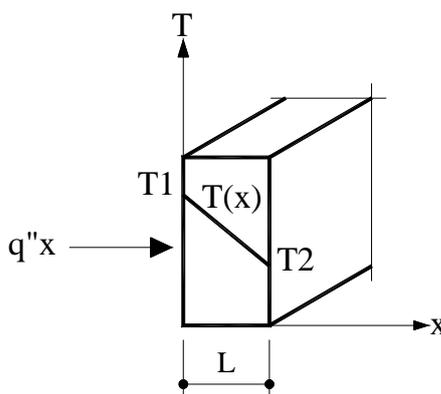
$$q''_x = -K \frac{dT}{dx} \quad - \text{Equação 01}$$

onde:

$q''_x$  = fluxo de calor;

$K$  = constante de proporcionalidade;

$dT/dx$  = gradiente de temperatura.



**Figura 03-** Transferência de calor por condução unidimensional (difusão de energia).

**Fonte:** INCROPERA & WITT (1992)

O fluxo de calor  $q''_x$  ( $W/m^2$ ) é a taxa de transferência de calor na direção  $x$  por unidade de área perpendicular à direção da transferência, e é proporcional ao gradiente de temperatura  $dT/dx$ , nesta direção. A constante de proporcionalidade  $k$  é uma propriedade de transporte conhecida como condutividade térmica ( $W/m.K$ ) e é característica do material da parede. O sinal menos é uma consequência de o calor se transferir na direção da temperatura decrescente. Nas condições de estado permanente da Figura 03, quando a distribuição de temperatura for linear, o gradiente de temperatura pode ser expresso como:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad - \text{Equação 02}$$

e o fluxo de calor então:

$$q''_x = -K \frac{T_2 - T_1}{L} \quad - \text{Equação 03}$$

ou

$$q'_x = K \frac{T_2 - T_1}{L} = K \frac{\Delta T}{L} \quad - \text{Equação 04}$$

onde:

$q''_x$  = fluxo de calor;

$K$  = constante de proporcionalidade;

$dT/dx$  = gradiente de temperatura;

$T$  = temperatura;

$L$  = largura do material.

Observe que esta equação dá o *fluxo de calor*, isto é, a taxa de transferência de calor por *unidade de área*. A taxa de condução de calor,  $q_x$  (W) através de uma parede plana de área  $A$  é então o produto do fluxo pela área,  $q_x = q''_x \cdot A$ .

Segundo FROTA & SCHIFFER (2001) o coeficiente  $K$  (Coeficiente Global de Transmissão Térmica) quantifica a capacidade do material de ser atravessado por um fluxo de calor induzido por uma diferença de temperatura entre dois ambientes que o elemento constituído por tal material separa ( $W/m^2\text{°C}$ ). Define-se como sendo “o fluxo que atravessa, na unidade de tempo, a unidade de área do elemento

constituído do material, quando se estabelece uma diferença unitária de temperatura entre o ar confinante com suas faces opostas”.

Segundo FINGER (2003) nos casos de paredes heterogêneas, em que os elementos da construção se constituem de várias camadas de materiais diferentes, a expressão de cálculo considera essa heterogeneidade incluindo a somatória das relações espessura ( $e$ ) / condutividade térmica ( $\lambda$ ), ou o inverso das condutâncias, ou das resistências térmicas específicas das sucessivas camadas constituintes do elemento.

Pela Figura 04, a determinação de  $K$  para a parede heterogênea da figura seria:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{he} = \frac{e1}{\lambda1} + \frac{e2}{\lambda2} + \frac{e3}{\lambda3} \text{ (m}^2\text{°C / W)} \quad - \text{Equação 05}$$

onde:

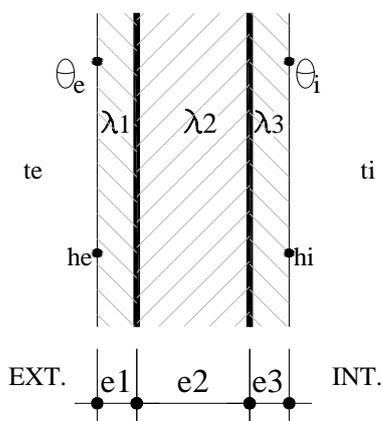
**K** = Coeficiente global de transmissão térmica;

**he** = Coeficiente de condutância térmica superficial externa;

**hi** = Coeficiente de condutância térmica superficial interna;

$\lambda$  = Coeficiente de condutibilidade térmica do material;

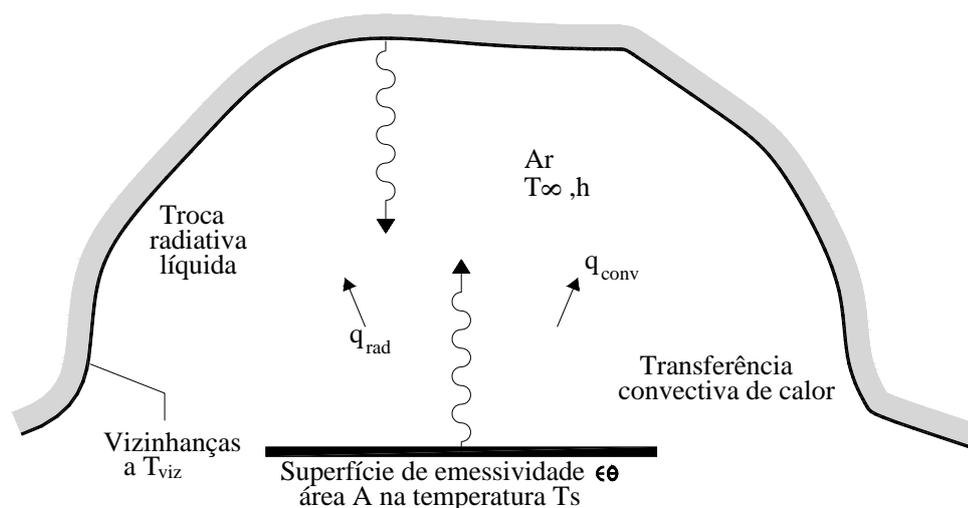
**e** = espessura.



**Figura 04** - Esquema explicativo para determinação de  $K$  para paredes heterogêneas em espessura.

**Fonte:** FROTA & SCHIFFER (2001)

Em nosso estudo o fenômeno físico da Radiação tem importância fundamental para o funcionamento geral de todo o sistema, sendo que podemos entender este, a partir do que coloca INCROPERA & WITT (1992), que a radiação térmica é a energia *emitida* pela matéria que estiver numa temperatura finita. Embora a nossa atenção fique focalizada principalmente na radiação de superfícies sólidas, a emissão pode também ocorrer de líquido e gases. Independentemente do estado da matéria, a emissão pode ser atribuída às modificações das configurações eletrônicas dos átomos ou das moléculas que as constituem. A energia do campo de radiação é transportada pelas ondas eletromagnéticas (ou por fótons, numa outra linguagem). Enquanto a transferência de calor por condução ou por convecção exige a presença de um meio material, a radiação não precisa de qualquer meio. Na realidade, a transferência pela radiação ocorre com maior eficiência no vácuo (Figura 05).



**Figura 05** - Troca radiativa entre uma superfície e as suas vizinhanças.

Fonte: INCROPERA & WITT (1992)

Segundo CAMPBELL (1977) toda a superfície emite radiação proporcionalmente a quarta potência da sua temperatura absoluta (em graus Kelvin). A quantidade de energia emitida é proporcional à área da superfície e ao intervalo de tempo considerado.

Quando a radiação incide numa superfície pode ser absorvida, transmitida e refletida. A soma dessas três quantidades será sempre igual ao total de energia incidente, de tal forma que se as frações forem denominadas  $\alpha$ ,  $\rho$  e  $\tau$  então:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad - \text{Equação 06}$$

onde:

$\alpha$  = é o coeficiente de absorção;

$\rho$  = é o coeficiente de reflexão ou albedo;

$\tau$  = é o coeficiente de transmissão.

Baseados em CAMPBELL (1977), pode-se imaginar uma superfície que absorve toda a radiação incidente, assim  $\alpha = 1$  e  $\rho = 0$ . Como uma superfície desse tipo não seria percebida pela nossa visão ( $\rho = 0$ ) essa superfície é chamada “corpo negro”.

Ainda segundo CAMPBELL (1977) a lei que governa a emissão de radiação de um corpo negro foi descoberta empiricamente por Stefan e posteriormente demonstrada teoricamente por Boltzmann. A lei Stefan-Boltzmann diz que as quantidades de radiação emitidas pelo corpo negro por unidade de área e de tempo são dadas por:

$$R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad - \text{Equação 07}$$

onde:

$R$  = é a densidade do fluxo de radiação ( $\text{Wm}^{-2}$ );

$T$  = é a temperatura absoluta do corpo negro (K);

$\sigma$  = é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ );

$\varepsilon$  = é a emissividade da superfície (de 0 a 1).

A Tabela 01 mostra variações do albedo e da emissividade para os principais materiais urbanos:

**Tabela 01 - Propriedades radiativas de materiais urbanos.**

Superfície	$\rho$ Albedo	$\epsilon$ Emissividade
1. Ruas com asfalto	0.05 – 0.20	0.95
2. Paredes		
Concreto	0.10 - 0.35	0.71 – 0.90
Tijolos	0.20 - 0.40	0.90 – 0.92
Pedras	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Madeiras		0.90
3. Telhados		
Piche e Cascalho	0.08 – 0.18	0.92
Telhas	0.10 – 0.35	0.90
Ardósia	0.10	0.90
Sapé, Folhagem	0.15 – 0.20	
Chapa Ondulada	0.10 – 0.16	0.13 – 0.28
4. Janelas		
Vidros Claros Zenit.		
Ângulo menor 40°	0.08	0.87 - 0.94
Ângulo de 40 a 80°	0.09 – 0.52	0.87 – 0.92
5. Pinturas		
Brancas, Caiadas	0.50 – 0.90	0.85 – 0.95
Vermelha, Marron,		
Verde	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Pretas	0.02 – 0.15	0.90 – 0.98

Fonte: OKE (1987)

### 2.3 – O EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO)

A ABRAPEX (2003) em sua home page faz alguns comentários sobre o EPS (poliestireno expandido), como podemos ver a seguir:

EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido, de acordo com a Norma DIN ISO-1043/78. No Brasil, é mais conhecido como "Isopor®", marca

registrada da Knauf Isopor Ltda., e designa, comercialmente, os produtos de poliestireno expandido, comercializados por essa empresa. Foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha.

É um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. Em seu processo produtivo não se utiliza e nunca se utilizou o gás CFC ou qualquer um de seus substitutos. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarbureto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente.

O EPS tem inúmeras aplicações em embalagens industriais, artigos de consumo (caixas térmicas, pranchas, porta-gelo etc.) e até mesmo na agricultura. É na construção civil, porém, que sua utilização é mais difundida.

O material é comprovadamente um material isolante. Sem ele, os países mais evoluídos não construiriam de modo atualizado e econômico, visando à economia de energia.

Sendo que suas principais vantagens são:

- a - Baixa Condutividade Térmica;
- b - Baixo Peso;
- c - Resistência Mecânica;
- d - Baixa Absorção de água;
- e - Facilidade de Manuseio;
- f - Versatilidade;
- g - Resistência ao Envelhecimento;
- h - Absorção de Choques;
- i - Resistência à Compressão.

As aplicações do EPS na construção civil são extraordinariamente variadas, sendo importante salientar que este, além de ser um excelente material de isolamento térmico, pode também ser um sistema construtivo.

São os mais diversos os exemplos do emprego de EPS em sistemas isolantes de coberturas, paredes e pavimentos, tal como em todo o tipo de obras, desde os grandes viadutos, estradas, grandes edifícios até à pequena moradia.

As principais características do EPS tornam-no num material especialmente apropriado para uma utilização como isolante, elemento de enchimento, substrato para a realização de formas decorativas de acabamento e para muito mais.

E ainda, ao substituir elementos construtivos "tradicionais", obtemos edifícios com um melhor rendimento energético, logo com um melhor comportamento face ao meio ambiente.

Não é conhecido o limite de idade do EPS. Os estudos realizados sobre as soluções construtivas do EPS correntes confirmam esta afirmação. No entanto, as propriedades do EPS impõem as suas correta aplicação para que seja garantido um desempenho adequado ao longo do tempo.

O EPS não tem limite na exposição a baixas temperaturas; a temperatura mínima de utilização corresponde à da liquefação dos gases componentes do ar contido nas células.

No entanto, como todos os plásticos, o EPS tem um limite superior de exposição à temperatura. Este limite varia em função do tempo de exposição à temperatura e das cargas a que o EPS for sujeito. A temperatura máxima do EPS poderá ultrapassar os 100° C em exposições muito curtas, baixando para 80-85° C em situações de exposição prolongada com a aplicação de cargas elevadas.

Com a aplicação de temperaturas mais elevadas a estrutura celular do EPS começa a fundir, permitindo a saída do ar, conseqüentemente causando a perda de espessura e das propriedades isolantes.

## **2.4 – MATERIAIS CERÂMICOS**

Cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não-metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas.

Segundo ALVES (1974) esta é a classificação dos materiais cerâmicos para construção civil:

a - Porosos

- a1 - Olaria(tijolos, telhas, ladrilhos, azulejos, pastilhas e manilhas);
- a2 - Louça (Calcárea, Feldspática e Sanitária).

b - Não Porosos

- b1 - Grês Cerâmico;
- b2 - Porcelana.

A ABC (2003) comenta que os processos de fabricação empregados pelos diversos segmentos cerâmicos assemelham-se parcial ou totalmente. O setor que mais se diferencia quanto a esse aspecto é o do vidro, embora exista um tipo de refratário (eletrofundido), cuja fabricação se dá através de fusão, ou seja, por processo semelhante ao utilizado para a produção de vidro ou de peças metálicas fundidas. Esses processos de fabricação podem diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado. De um modo geral eles compreendem as etapas de preparação da matéria-prima e da massa, formação das peças, tratamento térmico e acabamento. No processo de fabricação muitos produtos são submetidos a esmaltação e decoração. As fases são compreendidas por:

- a - Preparação da Matéria-Prima;
- b - Preparação da Massa;
- c - Formação das Peças;
- d - Tratamento Térmico;
- e - Acabamento;
- f - Esmaltação e Decoração

Segundo a ANICER (2003) são dois os tipos de blocos cerâmicos utilizados na construção civil, produzidos no Brasil.

a - Bloco de vedação

São aqueles destinados a execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios, etc), geralmente utilizados com furos na horizontal e com atual tendência ao uso com furos na vertical.

b - Blocos estruturais ou portantes

São aquelas que além de exercerem a função de vedação, também são destinados as execuções de paredes que constituirão a estrutura resistente da edificação (podendo substituir pilares e vigas de concreto). Estes blocos são utilizados com os furos sempre na vertical.

Quando apresentam elevada resistência mecânica, padronização das dimensões, concorre técnica e economicamente com as estruturas de concreto armado.

Podemos observar como vantagens do uso dos blocos cerâmicos o seguinte:

- a - Leveza (decrécimo do custo das fundações);
- b - Isolamento térmico e acústico;
- c - Propicia a construção racionalizada;
- d - Simplifica o detalhamento de projetos, facilitando a integração dos mesmos;
- e - Diminuição do desperdício dos materiais (componente, argamassa de assentamento e reboco);
- f - Decréscimo na espessura de revestimento (emboço ou reboco);
- g - Canteiro de obra menos congestionado e espaço mais limpo;
- h - Facilita a prumada das paredes;
- i - Permite a utilização de componentes pré-moldados (vergas, contra-vergas etc);
- j - Facilita a execução das instalações hidrossanitárias e elétricas, no caso de blocos especiais (aqueles que apresentam espaços pré-definidos para as instalações).

As alvenarias estruturais com blocos cerâmicos possuem bom desempenho térmico e maior durabilidade que as alvenarias com outros tipos de blocos, uma vez que nas primeiras, as deformações em função das variações térmicas são extremamente inferiores.

Segundo BAUER (1994) é bastante extensa a faixa de variação de propriedades das cerâmicas, dependendo da constituição, cozimento, processo de moldagem etc, sendo que a resistência mecânica depende muito da quantidade de água usada na moldagem. O excesso de água lava as partículas menores, que mais facilmente fundirão para formar o vidro.

Ainda segundo BAUER (1994) a resistência à compressão mínima dos blocos de vedação ou estrutural, relacionada à área bruta, deve atender aos valores indicados na Tabela 02, a seguir:

**Tabela 02** - Resistência à compressão mínima dos blocos de vedação ou estrutural.

CLASSE	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA (MPa)
10	1,0
15	1,5
25	2,5
45	4,5
60	6,0
70	7,0
100	10,0

**Fonte:** BAUER (1994)

Baseando-se nestas duas tecnologias de sistemas construtivos descritos anteriormente faremos um comparativo entre seus rendimentos como isolantes térmicos, baseando-se nas características climáticas da região em estudo, como podemos ver no próximo capítulo.

### 3 – ÁREA DE ESTUDO

Torna-se importante à demonstração da área determinada para o nosso estudo, assim como sua caracterização, pois estes serão os parâmetros necessários para uma análise real da influência destes nos sistemas construtivos analisados. Inicialmente podemos fazer uma introdução a respeito do comportamento do ambiente urbano, além da interferência de fatores ambientais no clima de uma região.

**“A latitude de uma região, associada à época do ano, vai determinar o ângulo de incidência dos raios de sol com relação ao plano do horizonte do lugar. A topografia afeta a temperatura do ar, em nível local, isto é, além da natural diferença de radiação solar recebida por vertentes de orientações distintas, um relevo acidentado pode se constituir em barreira aos ventos, modificando, muitas vezes, as condições de umidade e de temperatura do ar em relação à escala regional”, (FROTA & SCHIFFER, 2001).**

O revestimento do solo indeferira nas condições climáticas locais, pois quanto maior for a impermeabilização deste, maior será seu armazenamento de energia. O ar é mau condutor térmico, de modo que um solo mais seco se esquentará mais depressa durante o dia, mas à noite devolverá o calor armazenado rapidamente, provocando uma grande amplitude térmica diária.

Assim, baseando-se em OKE (1987) podemos dizer que um solo concretado ou asfaltado armazenará grandes quantidades de calor durante o dia que será liberado por condução para o ar em contato com a superfície durante a noite.

Além disso, outras alterações são sentidas a nível urbano, uma vez que os materiais de revestimento do solo, não só nos calçamentos das ruas, mas ao nível das edificações, alteram sobremaneira as condições de porosidade e, conseqüentemente, de drenagem do solo, acarretando alterações na umidade e pluviosidade local.



passagem de correntes de ar frio de origem polar. Nas estações de primavera e verão encontramos temperaturas, em sua grande maioria, bem elevadas, principalmente na primavera, quando o sol passa pelos paralelos da região dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e também pela baixa umidade relativa do ar, pois a estação das chuvas ainda não teve início. No inverno, é registrado tempo estável, grande secura do ar, altas amplitudes térmicas diárias e elevadas temperaturas. Entretanto, freqüentemente ocorrem baixas temperaturas resultantes da ação direta do Anticiclone Polar que origina o fenômeno da "friagem" e cuja duração é de dois a três dias.

**“Outra característica climática importante é o ritmo sazonal bastante marcado, com uma nítida estação seca, no período do inverno. As temperaturas são constantemente altas, com pequenas diferenças durante o ano. O mês mais quente (setembro ou outubro) pode vir antes do período chuvoso (outubro a março), no qual as nuvens e precipitações mais pesadas tendem a baixar a temperatura”, (DUARTE, 2000).**

Geralmente pode-se identificar três períodos distintos devido à temperatura:

- a - estação seca e mais fresca, no inverno;
- b - estação seca e a mais quente, um pouco antes das chuvas;
- c - estação úmida e quente, durante as chuvas de verão.

MAITELLI (1994) ainda coloca que como a temperatura não varia muito, a precipitação torna-se o elemento fundamental para diferenciar os tipos climáticos nas baixas latitudes. O regime de chuvas em toda a região Centro-Oeste deve-se quase que exclusivamente aos sistemas regionais de circulação atmosférica. A influência do relevo é de tão pouca importância que não chega a interferir nas tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos. De maneira geral, as precipitações máximas ocorrem durante o verão, e as mínimas, no inverno, com baixos índices nos meses de junho, julho e agosto. Em quase toda a região Centro-Oeste, mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano precipitam-se de novembro a março, com trimestre mais chuvoso de janeiro a março, no centro e novembro-dezembro-fevereiro, no sul.

Na estação chuvosa ocorrem violentas tempestades, provocando inundações, entremeadas por períodos de transição sob o calor do sol intenso.

Para as características do clima da região é importante ressaltar que o valor da umidade relativo (UR%) é inversamente proporcional aos valores observados na temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ), ou seja, os meses de setembro e outubro que encontram as menores médias de umidade relativa são característicos por apresentar altas médias de temperaturas apesar de estarem nas estações de inverno e primavera.

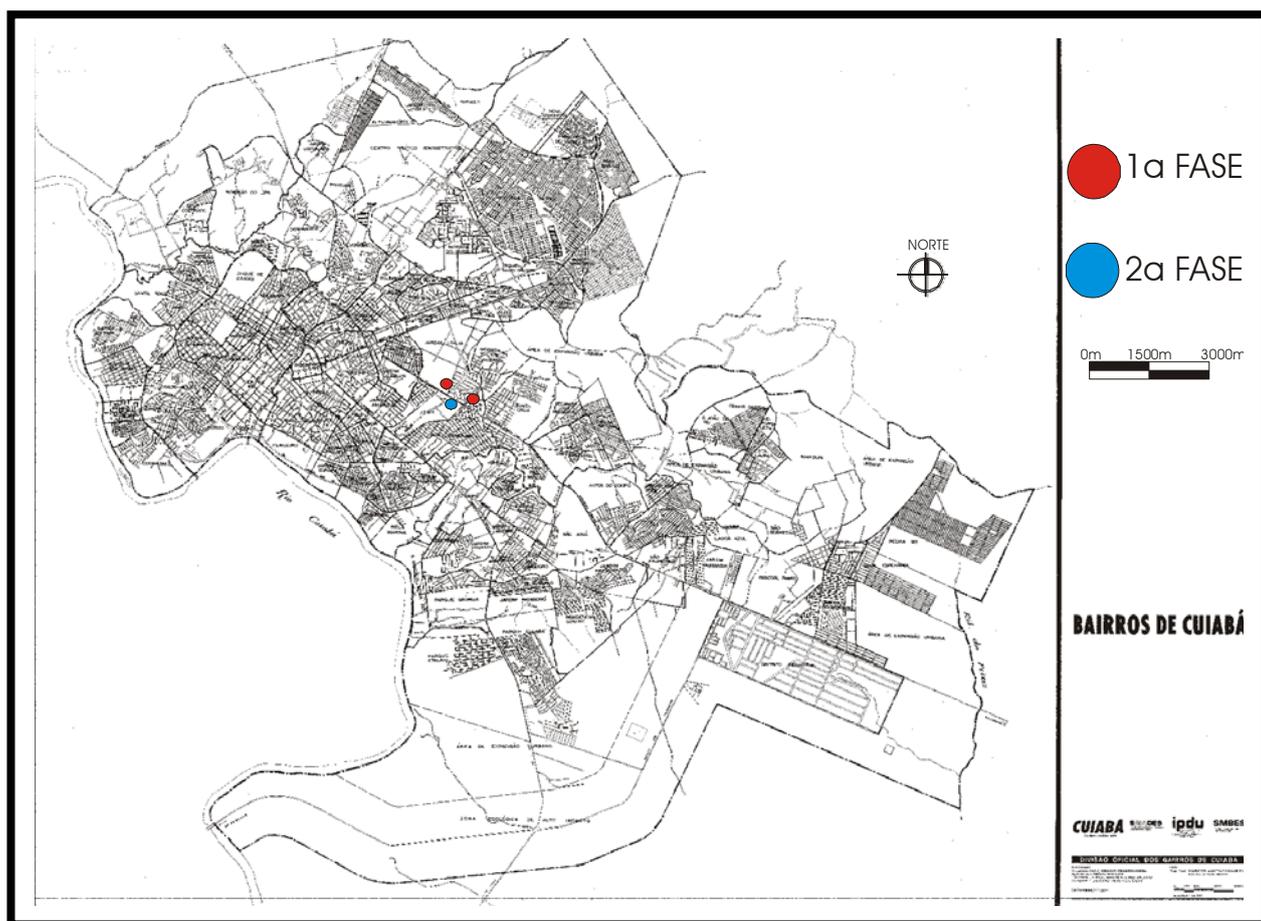
### **3.1.1 - O município e o sítio urbano de Cuiabá - caracterização geral**

Segundo ROSS E SANTOS (1982) o município de Cuiabá, com uma extensão territorial de aproximadamente 3.224 Km<sup>2</sup>, está situado entre as coordenadas geográficas de 15°10' - 15°50' de Latitude sul e 54°50' - 58°10' de Longitude Oeste, na porção centro-sul do Estado de Mato Grosso, na região denominado depressão cuiabana.

Em sua tese MAITELLI (1994) faz considerações a respeito da topografia da depressão cuiabana sendo esta, um modo geral, rampeada com inclinação de norte para sul. A altimetria da área está em torno de 200 metros no limite sul e atinge até 452 metros no alto vale dos rios Cuiabá e Manso. A cidade de Cuiabá, dentro da depressão cuiabana, tem altitude média de 250 metros e nas suas partes norte e leste atingem 450 metros.

A cobertura vegetal da cidade tem em sua maioria constituição característica do cerrado, além das matas ciliares que margeiam os córregos e rios da região.

A Planta da cidade está evidenciada na Figura 07, indicando os locais dos experimentos, baseando-se em dados do IPDU (Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano) da Prefeitura Municipal de Cuiabá coletados no ano de 1997.



**Figura 07** - Planta da cidade de Cuiabá, indicando os locais do experimento.

**Fonte:** IPDU – Prefeitura Municipal de Cuiabá (1997)

### 3.1.1.1 – Registros de dados climáticos

Segundo MAITELLI (1994) em Cuiabá as pesquisas meteorológicas são realizadas desde 1901 pelo Observatório Dom Bosco, fundado e mantido pelos padres salesianos. Em 1911 o Observatório integrou-se ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e continuou sendo operado pelos salesianos até 1966. Com o fechamento do Observatório Dom Bosco em dezembro desse ano, o arquivo existente foi transferido para o 9º Distrito de Meteorologia, e as medições passaram a ser feitas pelo INMET, atual DNMET (Departamento Nacional de Meteorologia), do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. O posto localiza-se na cidade vizinha de Várzea-Grande, a menos de 1Km após a travessia da ponte sobre o Rio Cuiabá, o qual divide as cidades e está próximo a Região Central de Cuiabá.

Na Tabela 02 podemos observar as médias mensais de variáveis climáticas coletadas pela estação climatológica do 9º Distrito de Meteorologia entre os anos de 1970 e 2002.

**Tabela 3** - Médias mensais de variáveis climáticas observadas em Cuiabá no Período de 1970-2002.

MESES	TEMPERATURA DO AR			UMIDADE RELATIVA DO AR	PRECIPITAÇÃO
	MED. MAX.	MED. MIN.	MED. COMP.	(%)	ALTURA TOTAL mm
JANEIRO	32,7	23,4	26,8	81,0	215,4
FEVEREIRO	32,6	23,1	26,4	83,0	218,4
MARÇO	32,3	23,4	26,6	82,0	221,8
ABRIL	32,8	22,6	26,2	81,0	134,8
MAIO	31,6	20,2	24,6	79,0	57,4
JUNHO	30,9	18,0	23,2	76,0	24,1
JULHO	31,8	16,7	23,0	69,0	10,7
AGOSTO	33,8	18,5	24,9	64,0	18,5
SETEMBRO	34,0	21,3	26,3	67,0	67,0
OUTUBRO	34,1	23,0	27,6	70,0	117,2
NOVEMBRO	33,3	23,2	27,2	76,0	183,2
DEZEMBRO	32,7	23,5	26,9	80,0	200,9

**Fonte:** 9º Distrito de Meteorologia – INMET (2002)

**Adaptação:** Laboratório de Climatologia/GEO/UFMT.

Baseando-se, ainda em dados coletados pelo 9º Distrito de Meteorologia podemos observar na Tabela 03 as médias anuais para as variáveis climáticas para a Cidade de Cuiabá também entre os anos de 1970 e 2002, demonstrando que temos,

como característico marcante de nossa região altos valores de temperatura máxima, independentemente do ano, sendo este fato de suma importância para o desenvolvimento desta pesquisa.

**Tabela 04** - Médias anuais de variáveis climatológicas observadas em Cuiabá no período de 1970-2002.

ANOS	Tar (°C)	Tmax (°C)	Tmin(°C)	Tmax Abs (°C)	Tmin Abs (°C)	UR%	PRECIP. (mm)
1970	27,3	33,3	20,3	38,9	8,5	70	1307,1
1971	26,2	32,4	20,1	38,8	8,6	74	1247,8
1972	27,0	33,3	20,7	39,4	10,2	73	1477,4
1973	27,0	32,9	21,1	39,1	7,4	73	1388,8
1974	26,7	32,4	20,9	38,8	11,9	71	1356,2
1975	26,8	32,7	20,8	38,7	3,3	70	1275,8
1976	26,4	32,0	20,6	38,5	11,0	71	1280,2
1977	26,6	32,4	21,1	37,8	7,0	73	1561,8
1978	26,9	32,4	21,3	38,5	6,0	71	1528,9
1979	26,8	32,5	21,4	39,0	6,8	71	1257,3
1980	26,8	32,6	21,5	39,6	10,9	73	1614,9
1981	26,6	32,3	20,9	38,6	4,8	71	1246,3
1982	26,9	32,4	21,6	37,8	13,6	77	1264,4
1983	26,5	32,1	20,9	38,4	10,1	80	1594,7
1984	26,7	32,6	20,9	38,7	7,6	73	1246,3
1985	26,9	32,9	21,4	39,2	7,4	71	1247,4
1986	27,0	33,0	21,5	40,0	9,6	71	1408,8
1987	27,2	33,3	21,9	40,4	10,4	71	1385,2
1988	26,8	32,9	21,9	41,1	8,6	75	1704,1
1989	26,6	32,3	21,7	40,6	9,0	78	1790,5
1990	26,8	32,5	22,0	37,5	8,2	79	1585,1
1991	27,0	32,5	22,2	39,2	10,0	75	1614,6
1992	26,6	32,2	21,9	38,2	7,0	79	1446,6
1993	27,0	32,2	21,5	39,1	8,3	65	1042,3
1994	27,8	32,6	22,0	39,7	6,7	65	1329,8
1995	27,8	32,2	21,8	40,0	11,7	67	1281,4
1996	27,2	32,1	21,7	39,7	7,0	67	1222,0
1997	28,0	31,4	22,1	40,3	11,4	66	1184,3
1998	28,1	33,1	22,2	39,0	12,6	67	1172,4
1999	27,7	33,1	21,8	39,8	7,9	63	1555,1
2000	27,5	32,3	21,1	39,4	8,2	60	860,3
2001	26,3	32,5	20,5	39,0	9,7	72	1291,2
2002	26,5	33,5	20,8	39,8	10,9	71	1325,8
<b>MÉDIAS</b>	<b>26,9</b>	<b>32,5</b>	<b>21,3</b>	<b>39,1</b>	<b>8,8</b>	<b>71</b>	<b>1366,5</b>

Fonte: 9º Distrito de Meteorologia – INMET (2002).

Adaptação: Laboratório de Climatologia/GEO/UFMT.

### **3.1.2 – Localização das áreas escolhidas para coleta de dados**

Para a primeira fase de pesquisa foram selecionadas duas edificações, sendo a primeira com painéis verticais compostos por blocos de EPS e localizada no Bairro Jardim Itália na cidade de Cuiabá e a segunda com painéis verticais composto por tijolos cerâmicos de oito furos e localizada próximo à divisa entre os Bairro Jardim Itália e Boa Esperança, sendo que ambas contém o mesmo uso, no caso residencial e distantes aproximadamente 400 metros.

Ambos os Bairros estão localizados dentro do perímetro urbano de Cuiabá e distante aproximadamente seis quilômetros da Região Central da Cidade e apresentam configurações semelhantes, sendo de uso, na sua grande maioria residencial, contendo infra – estrutura completa e caixa viária de doze metros, sendo sete metros de leito carroçável (ruas) e cinco metros de passeio público (calçada), sendo 2,50 metros de cada lado, respectivamente estes são cobertos por asfalto e concreto.

Para a Segunda Fase foram construídos dois painéis lado a lado, separados por 1,00 metro e edificados utilizando os mesmos sistemas construtivos estudados na fase anterior. Estes foram localizados dentro do Campus da UFMT na cidade de Cuiabá, bem ao lado de sua Estação Climatológica para que pudéssemos utilizar os dados coletados instantaneamente neste local.

## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 – MATERIAIS

#### 4.1.1 – Equipamento para obtenção da temperatura e umidade relativa do ar

Para obtenção da Temperatura e Umidade Relativa do Ar utilizamos o aparelho Thermo-higrômetro digital Higritherm (Figura 08) TFA Ref. 7429; Kat n° 305000; ID n° 30010055; Escala: Temperatura -10°C - +60°C; Umidade 10% a 99%; com erro máximo para a temperatura  $\pm 1^\circ\text{C}$ ; e para a umidade  $\pm 5\%$ , o qual forneceu a umidade relativa máxima e mínima, temperatura do bulbo seco atual do ambiente e a temperatura máxima e mínima registrada. Fazendo-se a leitura no display do aparelho o qual demonstrava os valores coletados a partir de comandos nos botões contidos em sua face.



**Figura 08** - Thermo-higrômetro

Fonte: Relatos do autor

#### 4.1.2 – Equipamento para obtenção da temperatura radiante média

Para a determinação das temperaturas superficiais dos painéis utilizamos radiômetro Raynger II Plus (Figura 09) modelo R2PHRSC, sendo a leitura do painel feita através de infravermelho que detecta ondas da energia radiante das superfícies.

O funcionamento do aparelho é bem simples, sendo que em seu visor determinamos o valor da emissividade, sendo determinada por OKE (1987) em 92% para painéis verticais revestidos com argamassa e, após a utilizada para leitura da temperatura (no nosso caso graus Celsius). A partir do momento que acionamos o gatilho do aparelho percorre-se toda a extensão do painel em evidência para determinação da temperatura média de sua face, também temos como dados dispostos no display do aparelho às temperaturas máxima e mínima e a diferença entre estas, além da média.



**Figura 09 - Radiômetro**

**Autor:** Jonathan Moraes

#### 4.1.3 – As edificações

Para o desenvolvimento deste estudo utilizamos duas edificações sendo ambas de uso do tipo residencial, com características construtivas semelhantes, exceto os painéis de fechamento vertical, e localizadas proximamente para que, na medida do possível as mesmas influências climáticas, excetuando-se no sistema de

painéis de fechamento vertical (paredes) onde em um caso temos o sistema construtivo composto por blocos de EPS e no outro caso o sistema construtivo composto por blocos cerâmicos de oito furos.

#### 4.1.4 – O painel vertical composto por EPS (Poliestireno Expandido)

O “EPS” (Poliestireno Expandido) compõe os painéis verticais como enchimento em blocos maciços e de espessuras determinadas pelo Projeto de Arquitetura, no nosso caso utilizou-se este com a secção de 100mm em placas com dimensões de 1,00m x 3,00m, porém, para a confecção dos painéis houve um corte na placa para que a mesma tivesse dimensões de 1,00m x 2,00m, que somada a outra de mesma medida determinou a medida final do painel estudado, ou seja, 2,00m x 2,00m. Na edificação existente a secção das placas também foi de 100mm e com as dimensões longitudinais adaptadas as necessidades do Projeto da mesma (Figura 10).



**Figura 10** - Detalhe construtivo de um painel preenchido por EPS.

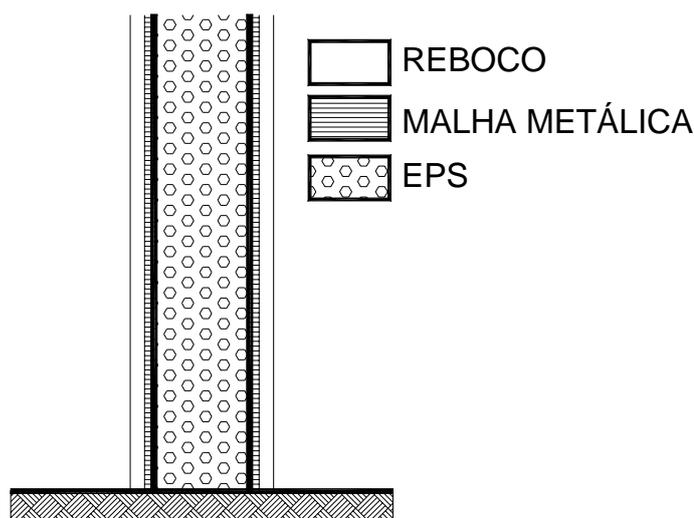
**Fonte:** Relatos do autor

Para a execução deste seguimos as recomendações da empresa ISOLITE\* *apud* FINGER (2003) que coloca que o sistema acabado composto por um núcleo central de poliestireno expandido (EPS), de espessura variável (sendo que no nosso caso utilizamos um bloco de 100mm como citado anteriormente) recoberto em ambas as faces com telas de aço eletro-soldadas, vinculadas entre si por meio de

---

\* [www.isolite.com.br/corpo4.htm](http://www.isolite.com.br/corpo4.htm). Acessado em 20 jan. 2001

espaçadores do mesmo material a elas soldadas. A espessura do revestimento de micro-concreto é em torno de 3cm em cada face. Podemos ver nas Figuras 10 e 11 detalhes construtivos dos sistemas, onde na primeira observamos um modelo exposto para compreensão do público de sua maneira de edificar enquanto que na segunda figura temos uma secção para compreensão da composição do painel.

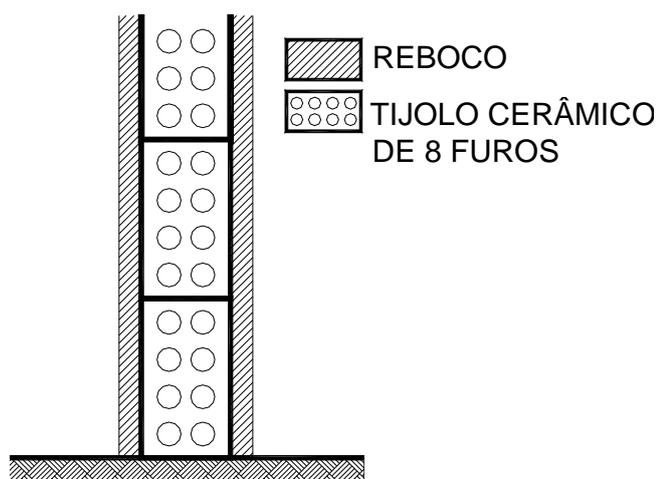


**Figura 11** - Secção Transversal em um Painel Composto por EPS.

Fonte: Desenhos Do Autor

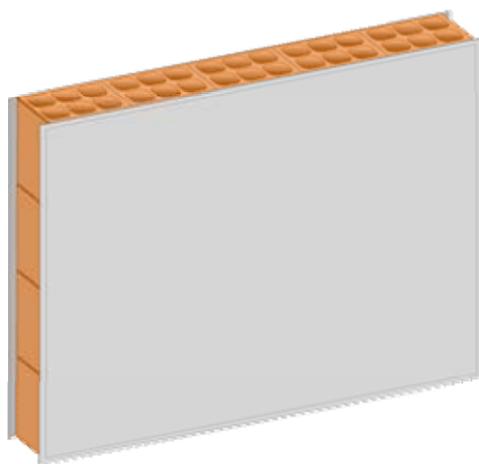
#### 4.1.5 – O painel vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos

Para edificar este painel seguimos as recomendações de CHAVES (1978) que coloca o processo de maneira simples. Segundo o autor após a concretagem da cinta baldrame que fica por cima da fundação, assentam-se os tijolos cerâmicos na extremidade da parede formando colunas verticais com o auxílio do prumo e após dando continuidade nas fileiras para o preenchimento de todo o painel. A espessura da argamassa de acabamento é de cerca de 25mm em cada face, composta por chapisco, emboço e reboco. A Figura 12 mostra a secção transversal deste sistema e a Figura 13 uma simulação gráfica do mesmo acabado.



**Figura 12** - Secção transversal de um painel em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos.

**Fonte:** Desenhos do autor



**Figura 13** - Perspectiva isométrica de uma parede em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos.

**Fonte:** METALPLAC (2003)

## 4.2 – MÉTODO

### 4.2.1 – Tipo de pesquisa

Esta pesquisa é do tipo comparativa, na qual as variáveis obtidas através das medições de um sistema *in locu* são comparadas aos valores obtidos também *in locu*

para outro sistema, analisando qual dos sistemas construtivos sofre menor influência da radiação característica da região.

#### **4.2.2 – Fases de coleta de dados**

Esta pesquisa utilizou-se de duas fases para coleta de dados, sendo elas:

- 1º fase

Comparação de duas edificações existentes, localizadas próximas, ou seja, sofrendo a mesma influência climática, sendo uma com painéis verticais compostos por EPS (edificação “1”) e outro com estes compostos por tijolos cerâmicos de oito furos (edificação “2”);

Data: 29/04/03 à 03/05/03

- 2º fase

Edificação de dois painéis lado a lado para uma análise da influência do clima de nossa região nos materiais que compõem os sistemas comparando as reações demonstradas, sendo o painel em EPS determinado como painel “1” e o painel em tijolos cerâmicos de oito furos como painel “2”. Nesta fase executamos dois períodos de coletas para que fosse comprovada, na segunda coleta, a veracidade dos dados encontrados na primeira.

Datas:

1ª coleta: 30/03/04 à 01/04/04;

2ª coleta: 19/05/04 à 21/05/04.

##### ***4.2.2.1 – Escolha e caracterização das edificações da primeira fase de coleta de dados***

Como, no momento temos apenas uma edificação a utilizar a tecnologia em painéis verticais em EPS (Figura 14) nos restringimos apenas a escolher a outra edificação para comparação dos sistemas na qual poderíamos instalar os equipamentos, o que se tornou possível utilizando-se uma edificação com

aproximadamente 400 metros de distância da primeira citada (Figura 15). O que determinou a escolha foram à facilidade de instalação, controle, segurança dos equipamentos de coleta de dados e proximidade.



**Figura 14** - Edificação composta por painéis verticais com enchimento com blocos de EPS, edificação “1”.

**Fonte:** Relatos do autor



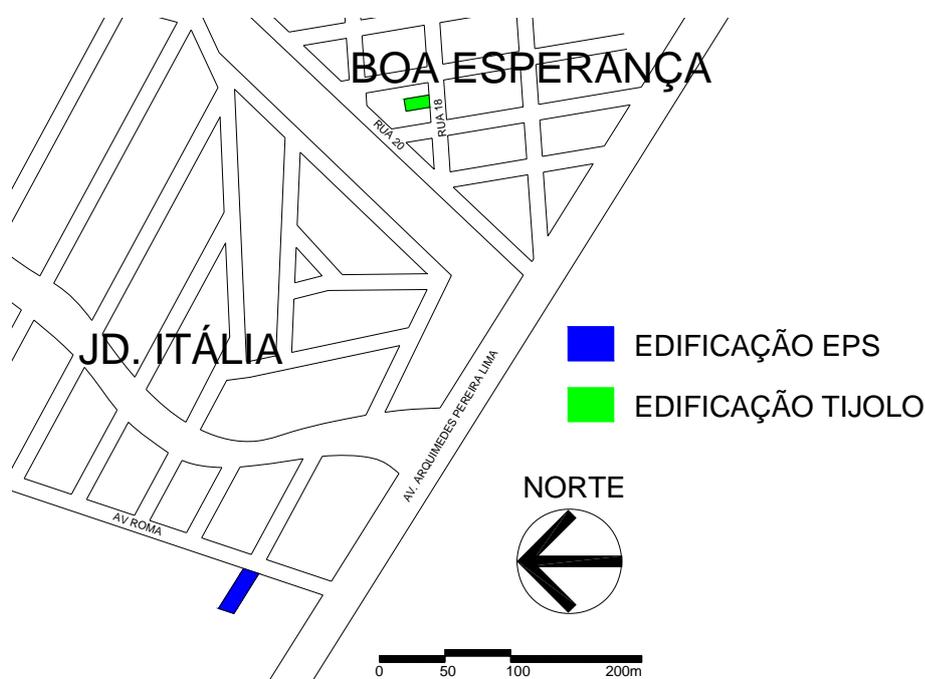
**Figura 15** - Edificação composta por painéis verticais com enchimento em tijolos cerâmicos de oito furos, edificação “2”.

**Fonte:** Relatos do autor

Podemos caracterizar as duas edificações determinadas para a realização das medidas como sendo estas de uso residencial, compostas por painéis em um caso com enchimento em blocos de EPS e no outro caso em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, e ambas contendo laje maciça dando ao ambiente um pé – direito constante de 3,00m, esquadrias de aço do tipo de correr com quatro folhas e cobertura em telhas cerâmicas, porém, no que se restringe aos acabamentos, temos diferenças, pois a edificação “1 ” não possui pintura interior nem exterior, ou seja, apresentando painéis verticais somente no reboco assim como esquadrias em sua cor original (grafite) e ainda sem a existência de piso no ambiente escolhido. A outra edificação apresenta painéis verticais pintados com tinta acrílica na cor salmão, esquadrias pintadas com tinta esmalte na cor marfim e piso em ardósia.

É relevante ressaltar que ambas as edificações são circundadas por calçadas em concreto.

Na Figura 16 podemos ver em planta a localização das duas edificações em evidência na primeira fase de coleta de dados, inseridas nos bairros destacados anteriormente.

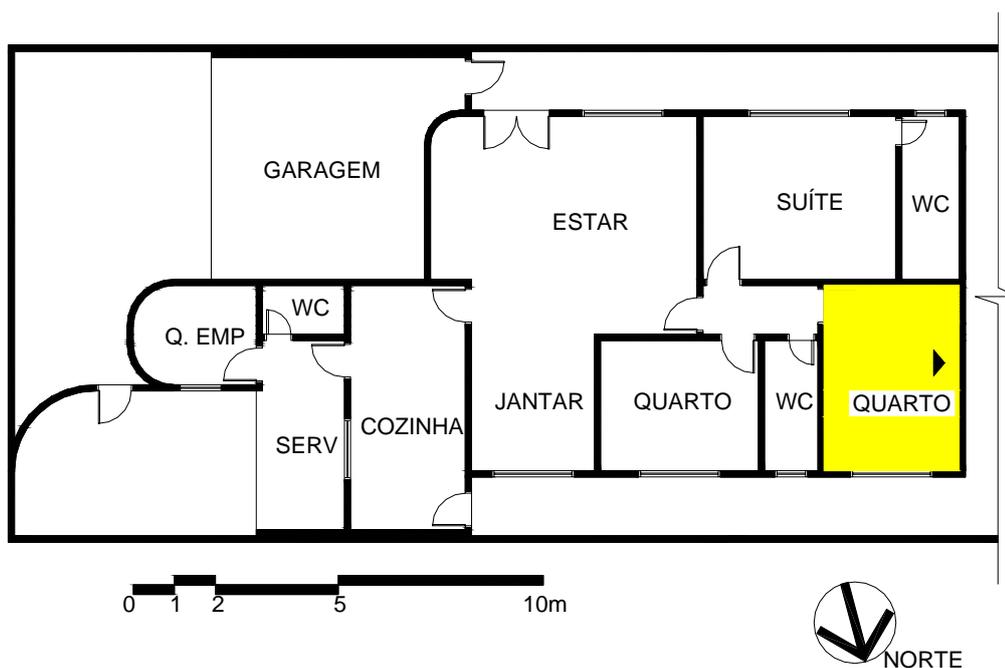


**Figura 16** - Localização das edificações.

**Fonte:** IPDU – Prefeitura Municipal de Cuiabá (1997)

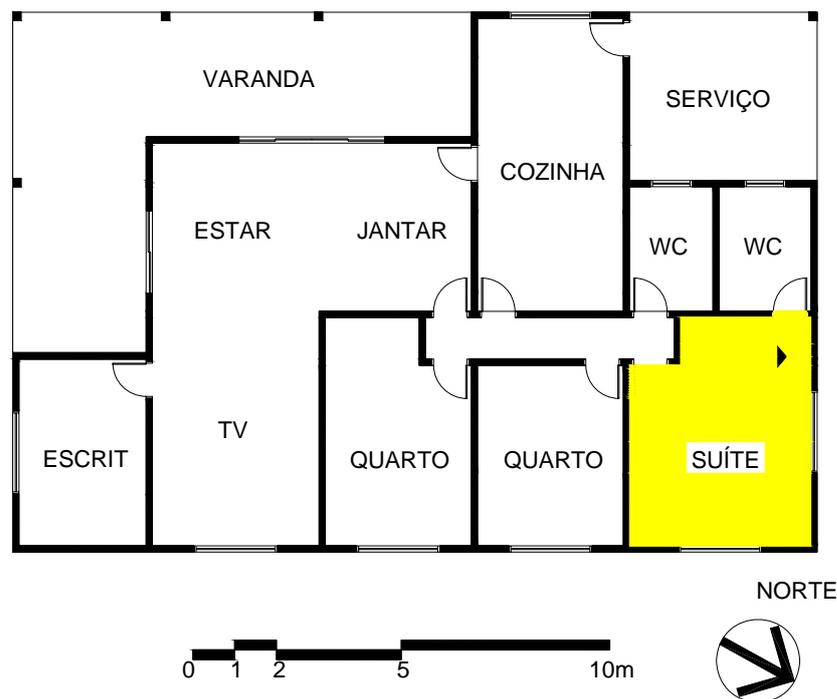
#### 4.2.2.2 – Escolha do ambiente

Em ambas as edificações o ambiente escolhido para fazer a coleta de dados foi o quarto por este ter face voltada para a insolação oeste na grande maioria do período vespertino, o que demonstra ser o de maior incidência de radiação durante o dia. Podemos ver nas Figuras 17 e 18 a identificação do ambiente em ambas as plantas pela cor amarela e ainda uma seta indicando a face na qual foram coletados os dados. O Thermo-higrômetro ficou localizado a uma altura de 1,20 m e centralizado em relação ao ambiente, conforme utilizado em Estações Climatológicas Convencionais, baseando-se em recomendações da OMM (Organização Meteorológica Mundial), adaptadas para coletas em estudos de climatologia, como foram utilizados por MAITELLI (1994) e DUARTE (2000).



**Figura 17** - Planta baixa da edificação “1”.

Fonte: Desenho do autor



**Figura 18** - Planta baixa da edificação “2”.

**Fonte:** Desenho do autor

#### **4.2.3 – Determinação do local para a segunda coleta de dados**

##### **4.2.3.1- A escolha do local para confecção dos painéis verticais**

Para facilidade de colocação dos aparelhos de medição optou-se por construir os painéis ao lado da Estação Climatológica Mestre Bombled, localizada no Campus da UFMT (Figura 19), a qual é coordenada pelo Departamento de Geografia/UFMT. O Thermo-higrômetro digital ficou localizado no abrigo termométrico ao lado dos painéis para que se pudesse ter uma real coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar. É bom ressaltar que os painéis foram localizados no eixo leste-oeste para que recebessem radiação em todo o período diurno.



**Figura 19** - Localização dos painéis ao lado da Estação Climatológica Mestre Bomble, Campus da UFMT.

**Fonte:** Relatos do autor

#### ***4.2.3.2 – A construção dos painéis***

Após o recebimento das placas fornecidas pelo Eng. Felipe, representante da ISOESTE, empresa especializada em poliestireno expandido, localizada na cidade de Goiânia-GO entramos em contato com a Prefeitura do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) a qual cedeu a mão-de-obra necessária para a confecção dos painéis.

#### ***4.2.3.3– Do processo construtivo***

Depois de determinado o local cavou-se duas valas com 45 centímetros de profundidade e separadas por 1,00 metro, construindo-se uma cinta baldrame em igualdade para ambos os painéis, assim como pilares nas extremidades compostos de quatro ferros de 8mm cada. Após a concretagem dos pilares foi feito o preenchimento dos painéis seguindo as recomendações da Empresa ISOLITE\* apud FINGER (2003) para o sistema composto por blocos de EPS e de CHAVES (1978) para o sistema composto por tijolos cerâmicos de oito furos. Podemos ver na Figura

---

\* [www.isolite.com.br/corpo4.htm](http://www.isolite.com.br/corpo4.htm). Acessado em 20 jan. 2001

20 os painéis após a inserção dos blocos estando estes expostos ainda e esperando tempo hábil para o seu revestimento.



**Figura 20** - Painéis com os materiais expostos.

Fonte: Relatos do autor

#### **4.2.3.4 – Dos acabamentos**

Após o revestimento dos painéis com argamassa (Figura 21), foi dado um período de cura para este e depois de revestidos com massa acrílica e pintados com tinta acrílica na cor branca (Figura 22), para que ambos tivessem as mesmas condições externas e cores apropriadas ao clima de nossa região, além de que visualmente tivessem o mesmo aspecto demonstrando que esteticamente ambos tem o mesmo efeito, pois como bem coloca FROTA & SCHIFER (2001) a pintura externa das construções em climas quentes deve ser preferivelmente de cores claras, pois estas refletirão mais a radiação solar e, portanto, menos calor atravessará os vedos.

As medidas de ambos painéis prontos foram de 2,00 x 2,00m.



**Figura 21** - Painel composto por EPS após colocação da tela de aço em processo de revestimento.

**Fonte:** Relatos do autor



**Figura 22** - Painéis prontos.

**Fonte:** Relatos do autor

### 4.3 – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Em ambas a fase para análise comparativa dos painéis verticais escolheu-se variáveis de natureza ambiental, pois estas possibilitam verificar a influência do clima em relação aos materiais que compõem os sistemas. As variáveis escolhidas foram: temperatura do ar ( $T$  °C); temperatura radiante média (TRM °C); umidade relativa do ar (UR%).

No caso das edificações existentes a temperatura radiante média foi determinada apenas na face interna dos painéis, sendo que nas próximas fases de coleta de dados determinou-se para ambas as faces dos painéis edificados. Ainda

podemos citar que a umidade relativa do ar na primeira fase de coleta de dados representa somente o ambiente em questão sendo que para as outras fases pode-se considerá-la como para toda a região próxima ao local de medidas.

#### **4.4 - PERÍODO DE COLETA DE DADOS**

Para a determinação do período de coleta de dados da primeira fase tomamos como base estudos anteriores que definem três a cinco dias como suficientes para se obter dados significativos (MAITELLI, 1994; DUARTE, 2000; DURANTE, 2000; FINGER, 2003). Assim, optamos por fazer medidas em cinco dias consecutivos de 29/04/03 até 03/05/03, para realizar uma análise comparativa entre duas edificações existentes e com mesmo uso (residencial), localizadas proximamente, em condições geográficas semelhantes. Em ambas residências optou-se por fazer medidas nos quartos, pois os painéis verticais destes ambientes sofriam influência da radiação solar predominantemente no período vespertino, sendo este o período mais crítico em relação à incidência solar em nossa região.

Os horários determinados para coleta de dados foram: 8:00, 12:00, 16:00 e 20:00 horas, para que se pudesse abranger quatro períodos distintos de influência da radiação nos painéis, pois nos primeiros momentos da manhã temos uma radiação menos intensa e um ganho de calor pelos materiais que ficaram todo o período noturno resfriando-se. Com o passar das horas a intensidade da radiação solar aumenta assim como a sua influência nos sistemas construtivos sendo o período vespertino o mais crítico em relação a temperaturas máximas durante um dia.

No período noturno não há mais a existência da radiação solar e a tendência é que as paredes percam calor para o meio, porém, esta perda é gradativa e pode levar todo o período noturno devido aos materiais utilizados na construção civil, pois como coloca BORNSTEIN (1968) a superfície urbana pode estar menos aquecida que a superfície rural, durante o dia, devido a grande capacidade de absorção de calor e condutividade térmica dos materiais de construção. Estas propriedades térmicas impedem o rápido resfriamento ao anoitecer e o rápido aquecimento logo após o nascer do sol.

Para a segunda fase de coletas de dados também seguimos as mesmas recomendações da fase anterior, porém com algumas diferenças:

- a – três dias de coleta de dados;
- b - análise somente dos painéis, independente de edificação;
- c - aumento do número de medidas durante o dia, passando de quatro para sete sendo estas nos horários das 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 e 20:00, tendo assim três valores intermediários em relação à coleta anterior;
- d - coleta de dados nas duas faces dos painéis;
- e – dois períodos de coleta de dados.

Os dias em que foram realizadas as primeiras coletas foram de 30 de março a 1º de abril de 2004 e de 19 a 21 de maio, do mesmo ano, para segunda coleta de dados.

A opção por fazer a coleta de dados em edificações e depois em painéis foi baseada em que as residências, mesmo sendo localizadas próximas e com características semelhantes não eram totalmente idênticas. Portanto a construção dos painéis verticais com as mesmas medidas e localizados lado a lado deu igualou todas as variáveis, sendo que a única diferença entre eles foi o sistema construtivo.

A disposição foi orientada de maneira que estes recebessem radiação solar durante todo o período em que esta está presente devido à localização leste-oeste, assim podendo estudar a passagem do sol em todos os momentos do dia e ainda o isolamento térmico dos sistemas construtivos, pois, dependendo da posição do sol sempre havia uma face em que este não incidia e que recebia calor apenas por condução da outra face.

Levando em consideração o exposto acima foi possível fazer a análise comparativa dos sistemas, demonstrando qual destes sofre menor influência das condições climáticas regionais como poderemos ver a seguir.

## **5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Apresentaremos agora os resultados obtidos nas duas fases de coleta de dados onde abaixo de cada figura faremos o comentário relativo ao comportamento dos sistemas analisados

### **5.1 – FASE 1**

Nesta fase fizemos um comparativo entre duas edificações com sistemas de painéis verticais diferenciados, sendo que na edificação “1” temos painéis compostos por blocos de EPS e na edificação “2” painéis compostos por tijolos cerâmicos de oito furos.

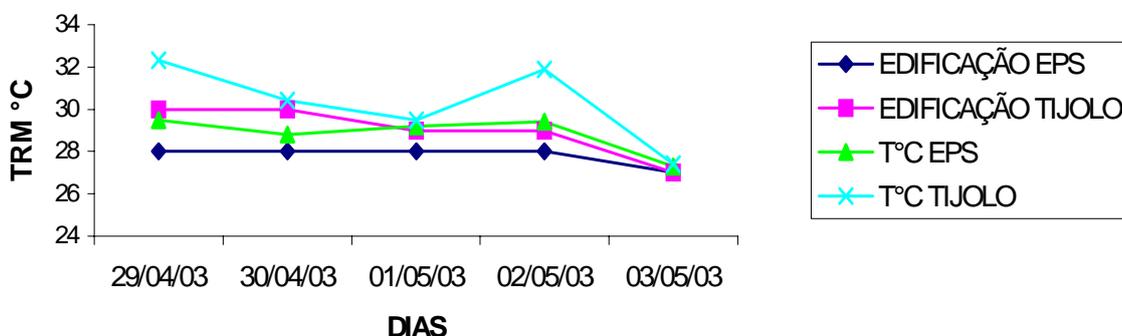
A comparação citada é entre as variáveis de temperatura do ar ( $T$  °C); temperatura radiante média (TRM °C); umidade relativa do ar (UR%) para um ambiente escolhido devido à influência solar do período vespertino, sendo que a TRM °C foi somente coletada na face interna do painel que recebia radiação em sua porção externa.

Foram determinados cinco dias para a coleta de dados nesta primeira fase sendo eles de 29/04/03 a 03/05/03 e quatro horários para a coleta de dados sendo eles: 8:00, 12:00, 16:00 e 20:00 horas para que se possa observar o comportamento dos sistemas para variadas influências ambientais, ou seja, desde as primeiras horas com incidência de radiação até o momento em que os sistemas perder calor para o meio durante o início do período noturno.

### 5.1.1 – Análise comparativa da temperatura radiante média (TRM °C) entre as edificações residenciais “1” e “2”

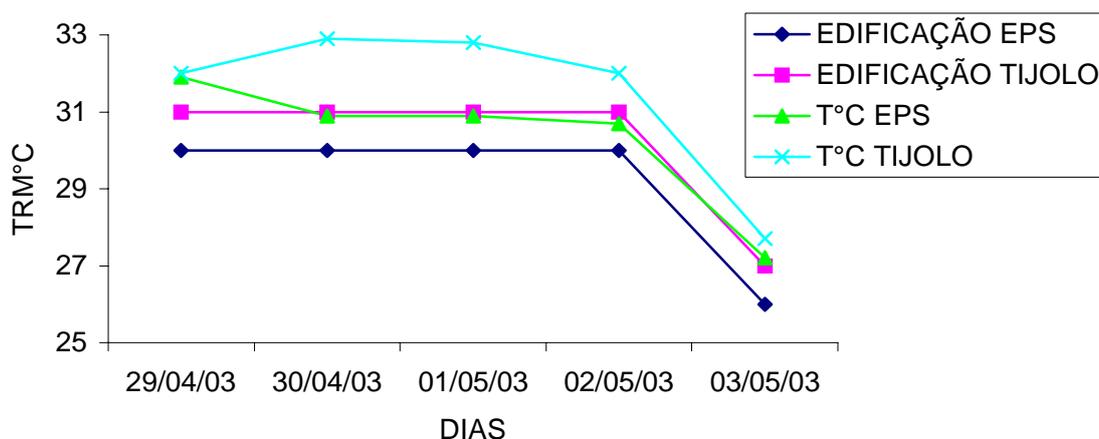
Como observado na Figura 23 na primeira coleta do período diurno o ambiente da edificação com painéis com tijolos cerâmicos de oito furos tiveram temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) superiores a outra edificação estudada, porém no terceiro e quinto dias de medidas os valores se aproximaram muito com a baixa da temperatura ambiente devido à entrada de uma frente fria no principalmente no último dia de pesquisa, e conseqüente elevação da umidade relativa do ar.

Podemos ainda constatar que a temperatura radiante média (TRM °C) sempre teve valores inferiores para o painel composto por blocos de EPS. Entretanto com a queda da temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) no último dia de coleta de dados os sistemas construtivos tiveram o mesmo rendimento demonstrando que para temperaturas inferiores as médias da Região estes apresentam similaridade no que se refere ao conforto do ambiente.



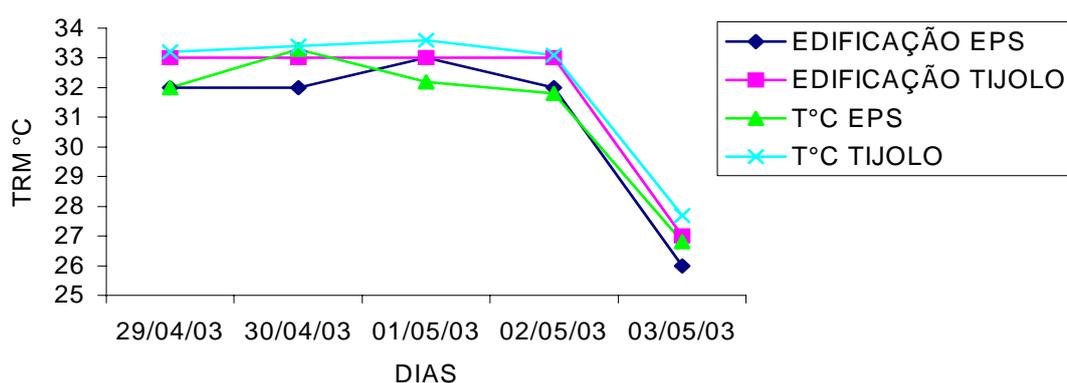
**Figura 23** - Análise comparativa da temperatura radiante média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e  $T^{\circ}\text{C}$  entre as edificações “1” e “2” para as 8:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03.

A Figura 24 demonstra que os valores encontrados se assemelham muito ao de quatro horas anteriores, uma vez que houve continuidade nos rendimentos térmicos dos sistemas. Porém neste período tivemos a constatação que a edificação com blocos de EPS sempre demonstrou um isolamento térmico superior ao outro sistema, sendo em momento algum estes se aproximaram.



**Figura 24** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para as 12:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03.

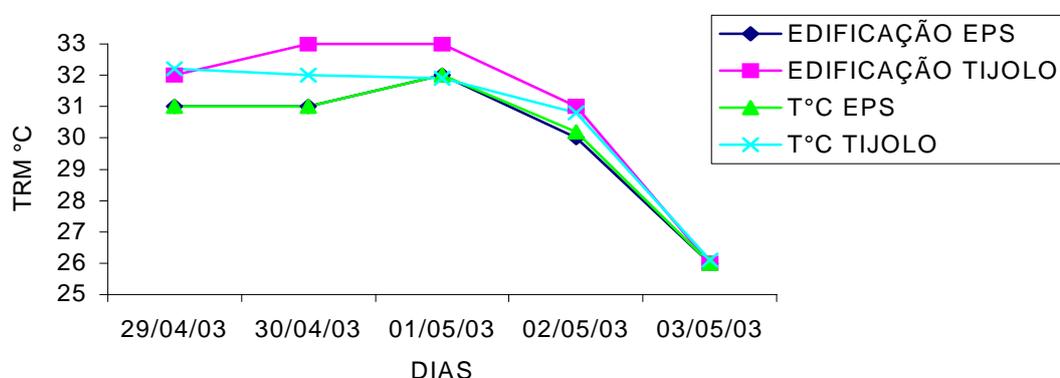
Para o período vespertino foi comprovada uma diminuição da diferença entre os rendimentos dos sistemas sendo que no terceiro dia de coleta de dados a Edificação com tijolos apresentou TRM °C igual a do outro sistema. Podemos então dizer que para o período mais crítico, os painéis verticais compostos por EPS têm um melhor isolamento térmico, porém este não é tão evidenciado quanto em outros períodos do dia (Figura 25).



**Figura 25** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) e T °C entre as edificações “1” e “2” para as 16:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03.

Foi nítida a diferença constante de TRM °C entre as duas paredes, sempre com o sistema composto por blocos de EPS com valores inferiores ao outro sistema construtivo analisado. Porém não foi registrada diferença significativa de temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) para os dois ambientes.

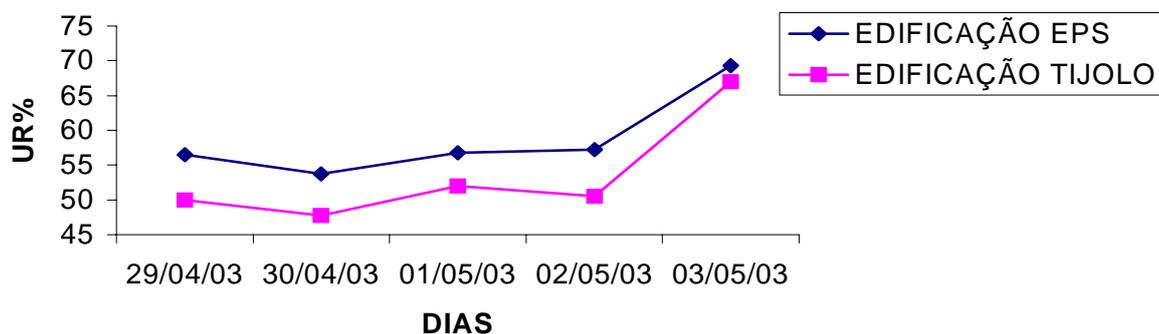
Repetindo o rendimento dos outros horários, no quinto dia houve semelhança aa TRM °C entre os sistemas construtivos devido a influencia da frente fria que se instalou na região como demonstrado na Figura 26.



**Figura 26** - Análise comparativa da temperatura radiante média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e  $T^{\circ}\text{C}$  entre as edificações “1” e “2” para as 20:00 horas, de 29/04/03 à 03/05/03.

A Figura 27 mostra valores de média da umidade relativa do ar (UR%) para os cinco dias de coleta de dados. Podemos observar que a edificação construída com painéis verticais preenchidos por EPS sempre alcançou valores superiores ao da outra edificação. Entretanto, ocorreu um aumento das taxas de umidade nos dois últimos dias devido à queda na temperatura do ar ocasionada pela entrada de frente fria durante todo o último dia desta coleta.

Nestas condições atmosféricas, as taxas de umidade relativa dos ambientes tiveram valores aproximados para os dois sistemas construtivos.



**Figura 27** - Análise comparativa da umidade relativa do ar (UR%) entre as edificações “1” e “2”, de 29/04/03 à 03/05/03.

Embora existam na literatura trabalhos que comprovem a grande diferença do Coeficiente Global de Transmissão Térmica entre os sistemas, sendo  $0,27 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  para o sistema construtivo preenchido com blocos de EPS e  $0,74 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  para o sistema construtivo de alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, isso não está evidenciado no resultado final de conforto para o interior das edificações. Provavelmente este fato é devido ao sistema com blocos de EPS possuir uma tela de aço nas suas duas. Sendo este um material com alto índice de condutividade térmica causa perda de rendimento para o sistema construtivo. Já existem hoje algumas execuções em que ao invés de usar-se uma tela de aço, reveste-se o material com uma mistura de água e materiais colantes como o branco no preparo da superfície para o recebimento da argamassa visando aumentar o rendimento em relação ao sistema construtivo estudado, ou seja, fazendo com que este tenha uma menor absorção da radiação solar.

## 5.2 – FASE 2

Nesta fase foram realizadas medidas comparativas entre dois painéis com a mesma composição da fase anterior, porém independentes de edificação, sendo que ambos tem medidas de  $2,00 \times 2,00 \text{ m}$  e estão localizados lado a lado e implantados no eixo leste-oeste de maneira a receber a influência da radiação solar durante todo o período em que esta é presente.

Devido aos painéis verticais terem sido construídos em ambiente externo as variáveis ambientais, temperatura do ar ( $T$  °C) e umidade relativa (UR%) tiveram seus valores coletados com aparelhos instalados em um abrigo termométrico localizado na Estação Climatológica Mestre Bombled localizada ao lado dos sistemas construtivos utilizados no experimento. Assim, os valores comparativos entre os painéis nesta fase referem-se às temperaturas radiantes médias de ambas as faces dos sistemas construtivos.

As medidas foram realizadas nos horários: 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 20:00 horas e durante três dias e em duas etapas, visando a melhor compreensão das respostas dos sistemas construtivos à radiação solar incidente.

### **5.2.1 – Primeira coleta de dados**

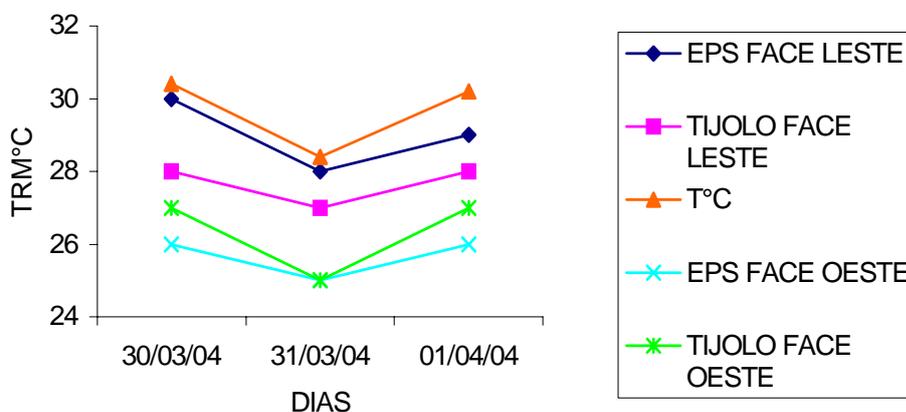
Esta primeira coleta da segunda fase foi realizada entre os dias 30/03/04 e 01/04/04 e serviu para a primeira análise do comportamento dos sistemas de maneira isolada e ainda sofrendo influências climáticas exatamente iguais por estarem localizado lado a lado e a apenas 1,00 m de distância entre eles.

#### ***5.2.1.1 – Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre os painéis “1” e “2”***

A Figura 28 mostra o comparativo térmico das duas faces dos painéis. A face leste do painel vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos teve menores valores de TRM °C, demonstrando que este sistema absorve menos radiação que o outro analisado. Contudo, devido ao seu potencial como isolante térmico o painel com enchimento em blocos de EPS, na face leste, oposta a radiação, demonstrou menores valores da TRM °C apesar de ter absorvido mais radiação em sua face leste.

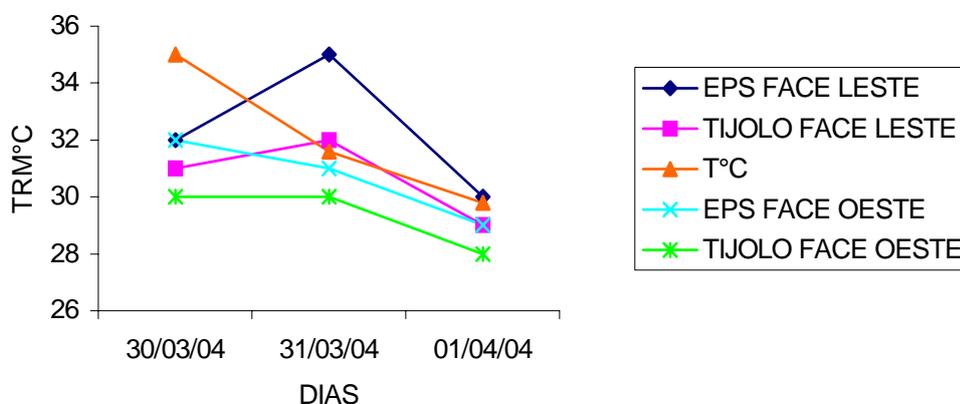
No segundo dia de coleta de dados foi observado o mesmo valor da TRM °C para a face oeste dos dois sistemas, comprovando que apesar do sistema construtivo em alvenaria em tijolos cerâmicos de oito furos ter isolamento térmico inferior ao outro sistema construtivo analisado, o resultado final para a face oposta a radiação solar pode ser bem semelhante devido ao prejuízo causado pela alta absorção de

radiação dos painéis verticais compostos por EPS. Provavelmente o fato observado é devido à presença da malha metálica que auxilia em seu revestimento, pois este material tem como característica excelente condutividade térmica.



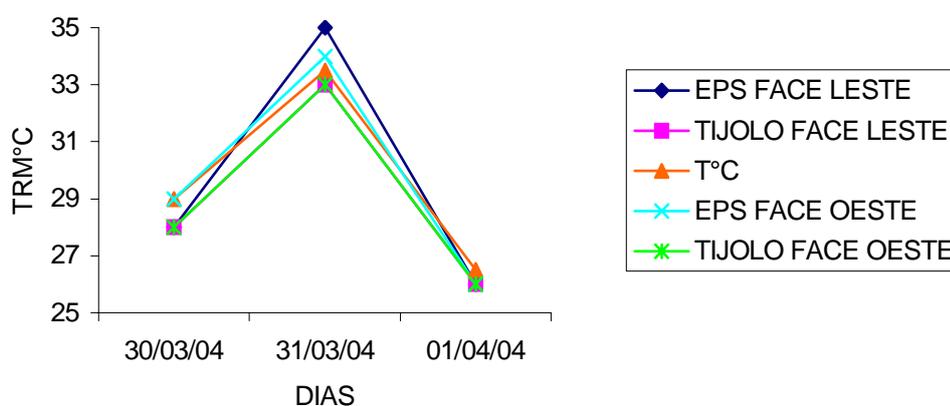
**Figura 28** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 8:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

Os dados apresentados na Figura 29 mostram que o comportamento dos painéis verticais segue a tendência do horário anterior, ou seja, demonstrando que na face que recebe incidência de radiação solar o sistema construtivo em alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos tem menor absorção desta. Porém, devido ao seu potencial como isolante térmico o outro sistema construtivo analisado, em blocos de EPS, demonstrou menores valores da TRM °C.



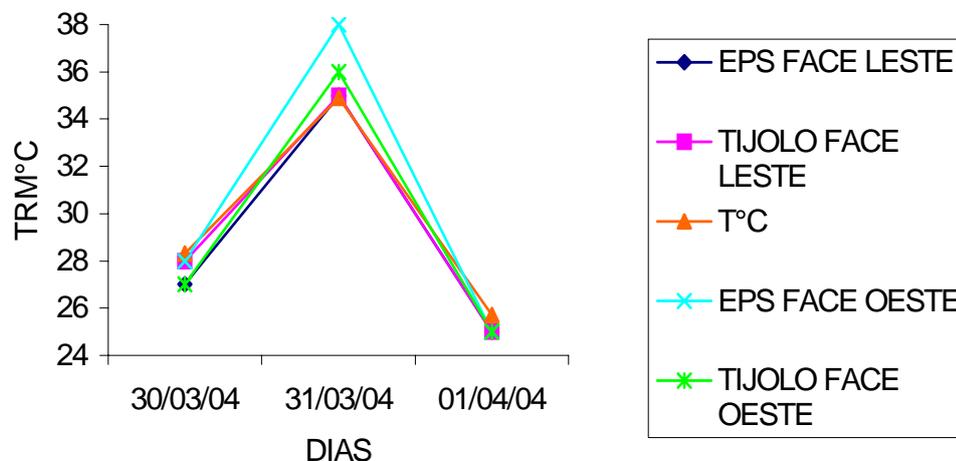
**Figura 29** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 10:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

Como demonstrado na Figura 30, para o período das 12:00 horas em que a radiação solar está aproximadamente perpendicular ao solo, o sistema composto por tijolos cerâmicos de oito furos, em ambas as faces, teve um rendimento superior como isolante térmico comparado ao sistema composto por EPS demonstrando ser mais adequado para painéis de fechamento vertical para a nossa Região, no período restrito disposto acima.



**Figura 30** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 12:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

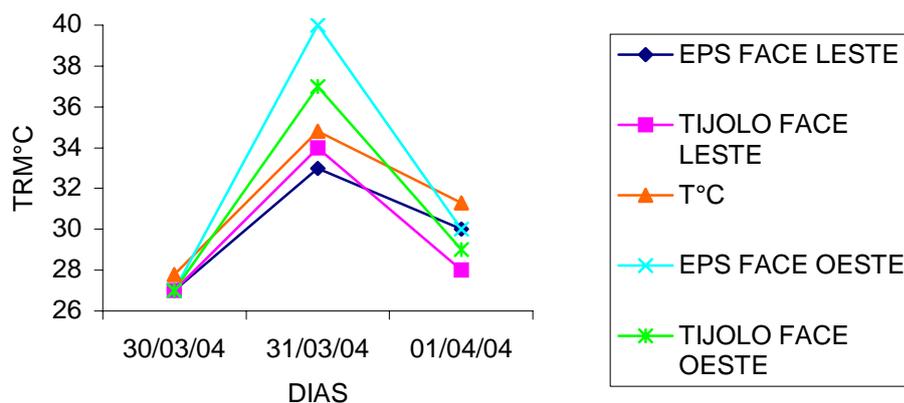
A Figura 31 mostra que assim como no período matutino, o painel composto por tijolos cerâmicos de oito furos tem valores da TRM °C sempre inferior para a face que recebe diretamente a radiação solar, ou seja, no caso do período vespertino, a face oeste. Porém, o EPS por ter um maior poder de isolamento tem menores valores da TRM °C para a face oposta, ou seja, a face leste, que neste horário não recebe radiação solar direta. Assim, o único diferencial em relação ao período matutino é a posição solar, pois os comportamentos são semelhantes. Além disso, diante da ocorrência de chuva no último dia de coleta de dados, pode-se constatar que os sistemas construtivos têm o mesmo rendimento em relação à absorção de radiação.



**Figura 31** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 14:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

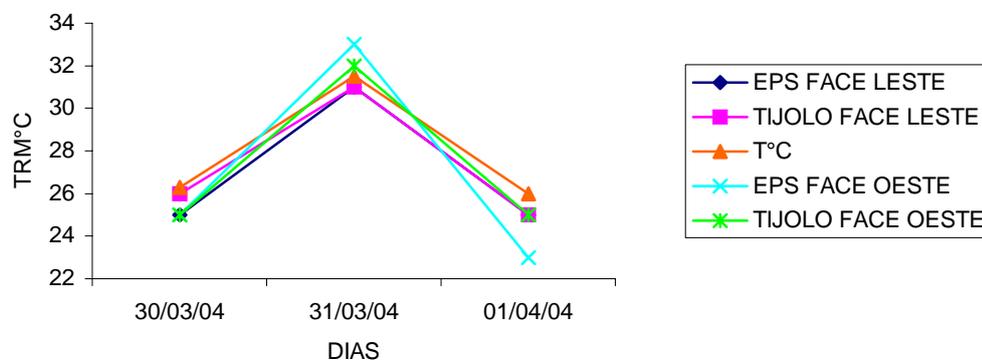
Analisando os dados obtidos às 16:00 horas (Figura 32) observou-se que o comportamento dos sistemas construtivo apresentou-se semelhantes ao horário anterior de coleta de dados, porém com maior diferença de valores da TRM °C para ambos os sistemas construtivos em sua face leste. Observa-se também que no primeiro e terceiro dias de coleta houve presença de chuva o que faz com que os sistemas tenham TRM °C próximas à temperatura do ar momentânea, demonstrando que para períodos chuvosos não há diferenças entre os sistemas.

Isto ocorre devido ao equilíbrio térmico gerado pela água da chuva, pois esta tem temperatura próxima ao ar e entrando em contato com a face dos painéis verticais faz com que existam trocas térmicas e a tendência neste caso é de se encontrar um equilíbrio entre os corpos com o passar do tempo e a constância de contato entre estes.



**Figura 32** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 16:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

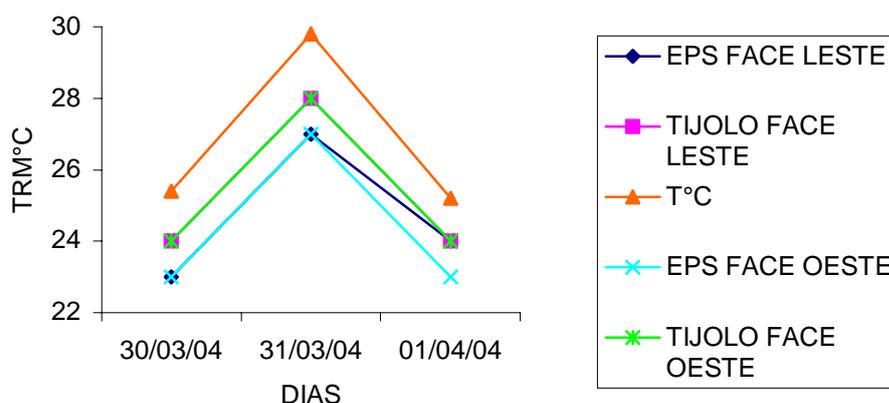
A Figura 33 mostra o comportamento dos sistemas construtivos para as 18:00 horas. Neste horário observou-se também o mesmo rendimento dos outros períodos, porém, no ultimo dia de coleta de dados o painel composto por blocos de EPS teve a TRM °C inferior ao painel composto por tijolos cerâmicos de oito furos na face oeste, ou seja, a que recebe radiação durante todo período vespertino. Isto porque ocorreu chuva fraca até poucos minutos antes da coleta fazendo com que o sistema buscasse um equilíbrio com a temperatura da água em contato com sua face, e como o EPS tem a tendência de se resfriar mais rapidamente, os valores coletados apresentaram valores inferiores ao outro sistema construtivo analisado.



**Figura 33** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 18:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

Para o período noturno observou-se TRM °C inferiores para ambas as faces do painel composto por blocos de EPS em relação ao outro sistema estudado, demonstrando que o sistema tem maior facilidade de perda de calor para o meio ao anoitecer, quando não há incidência de radiação solar, como mostra a Figura 34.

Outro fato que pode ser observado é que a TRM °C de ambos os painéis em suas duas faces apresentaram valores bem inferiores a temperatura do ar ( $T$  °C), demonstrando que ambos os sistemas perdem calor para o meio rapidamente. Porém esta perda está mais evidenciada para o painel composto por blocos de EPS demonstrando ser um sistema mais adequado para utilização em nossa região independentemente do período.



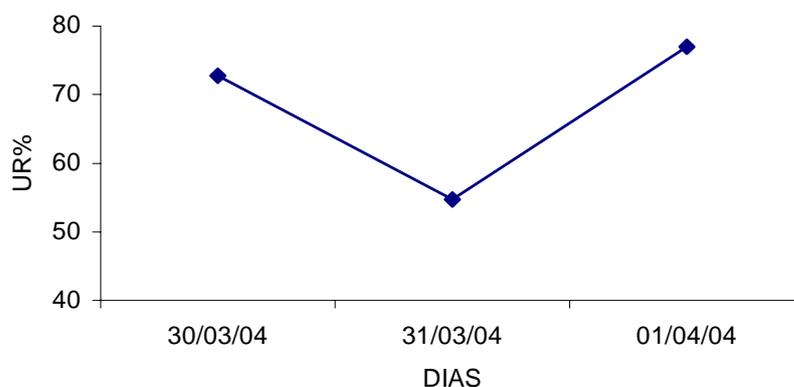
**Figura 34** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 20:00 horas, de 30/03/04 à 01/04/04.

Como mostra a Figura 35 os dias em que foram coletados os dados tiveram umidade relativa do ar (UR%) elevada, principalmente no primeiro e terceiro dia, devido às constantes chuvas no período.

Como é comum para o clima de nossa região a umidade relativa do ar (UR%) se apresentou inversamente proporcional à temperatura do ar ( $T$  °C) como observado em todas as Figuras que representam a coleta de dados, ou seja, tendo no segundo dia de coleta de dados maiores valores de temperatura do ar e menor umidade relativa do ar média.

Esta relação entre a temperatura do ar ( $T$  °C) e a umidade relativa do ar (UR%) é característica de nossa região, pois quando temos uma queda na  $T$  °C há a

tendência de uma aproximação das partículas vapor de água suspensas no ar fazendo com que as taxas de UR% sejam mais elevadas.



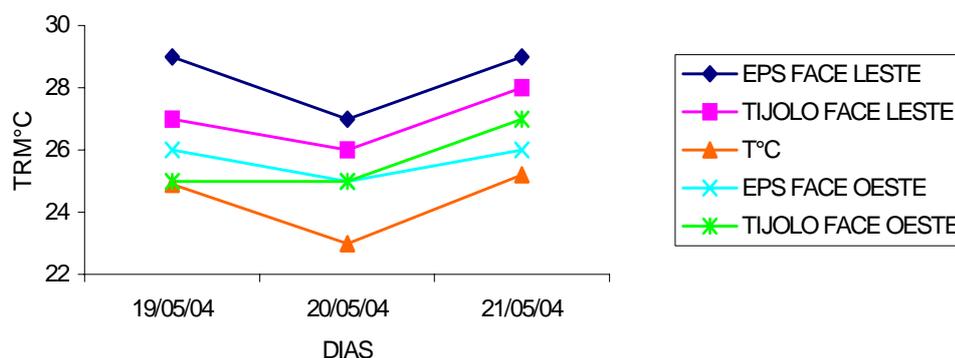
**Figura 35** - Variação da umidade relativa do ar (UR%) média de 30/03/04 à 01/04/04.

### 5.2.2 –Segunda coleta de dados

Esta segunda coleta da segunda fase foi realizada entre os dias 19/05/04 e 21/05/04 e serviu para comprovar os resultados encontrados na primeira coleta de dados da segunda fase, permitindo assim uma análise mais detalhada do potencial dos sistemas estudados, podendo, então determinar qual destes melhor se adapta ao clima de nossa região, como isolante térmico.

#### *5.2.2.1 – Análise comparativa da temperatura radiante média ( °C) entre os painéis “1” e “2”*

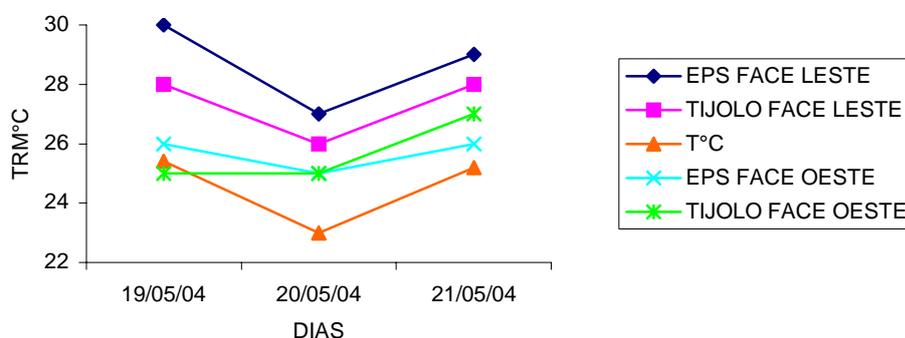
Os dados obtidos às 08:00 horas mostraram uma similaridade desta segunda coleta em relação aos dados da primeira, demonstrando novamente que a face que recebe a radiação solar sempre tem valores da TRM °C superiores no sistema construtivo composto por blocos de EPS e, devido ao seu poder de isolamento acaba tendo valores menores na outra face ultrapassando o rendimento do sistema em composto por tijolos cerâmicos de oito furos (Figura 36).



**Figura 36** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 8:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

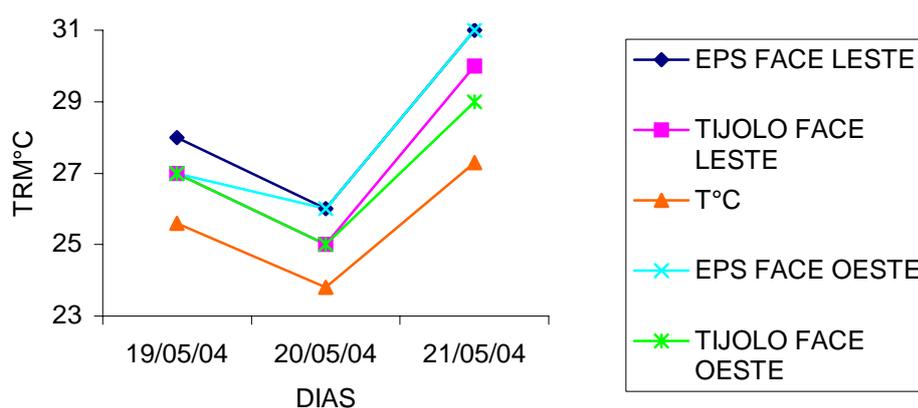
Seguindo a tendência das coletas anteriores a Figura 37 demonstra que o sistema construtivo composto por blocos de EPS tende a absorver mais radiação solar em relação ao outro sistema analisado nas horas mais quentes do dia, mas, também se mostra mais eficiente na perda de calor, demonstrando ser um sistema construtivo com potencial de isolamento térmico mais adequado para o preenchimento de painéis verticais.

Porém podemos observar que no período matutino temos valores da TRM °C acima da temperatura do ar, demonstrando que ainda devemos buscar maiores avanços em relação a painéis verticais que sejam isolantes térmicos para edificações, pois estes são de fundamental importância para o conforto térmico de ambientes fechados.



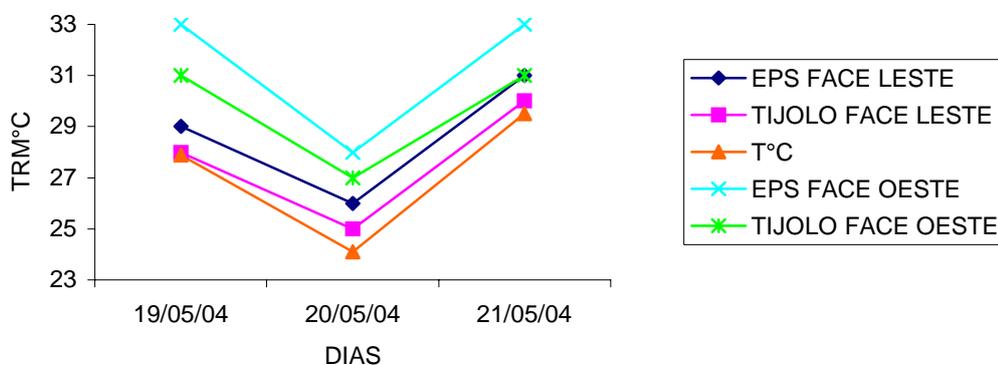
**Figura 37** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 10:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

A Figura 38 mostra bem a vantagem do sistema construtivo em alvenaria de tijolos cerâmico de oito furos para o horário das 12:00, independentemente da face que se analise, já que temos sempre valores inferiores da TRM °C, o que evidencia que neste horário que esta tecnologia tem melhor aplicação que o painel composto por blocos de EPS.



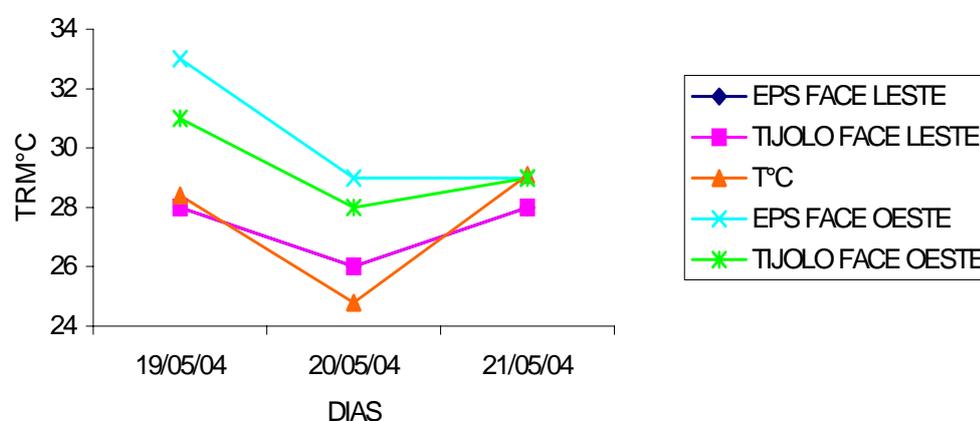
**Figura 38** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 12:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

Fica evidenciado na Figura 39 que a face onde incide a radiação solar sempre tem valores mais elevados da TRM °C nos painéis compostos por blocos de EPS. Entretanto o seu potencial como isolante fica evidenciado pela perda de calor mais eficiente na face oposta comparando-se ao outro sistema analisado.



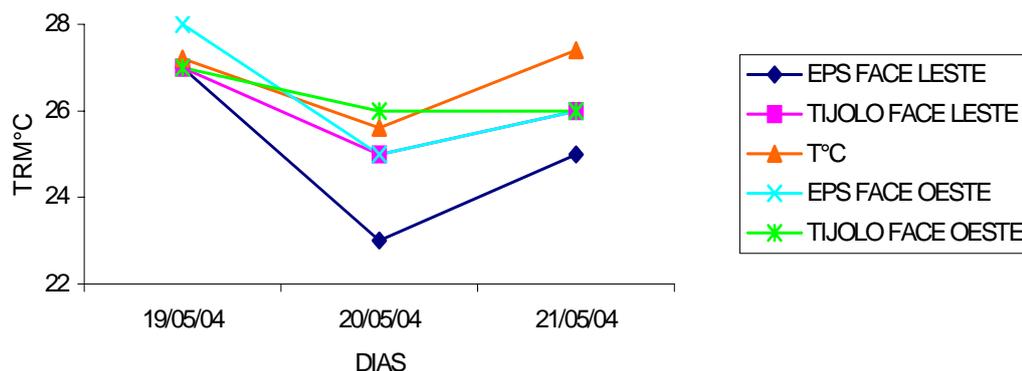
**Figura 39** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 14:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

A Figura 40 segue a mesma tendência em relação às medidas anteriores demonstrando que a confecção do sistema construtivo composto por blocos de EPS deve ser revisada, pois da maneira como vem sendo edificado tem uma forte tendência à absorção da radiação solar. Assim visando minimizar esses efeitos e garantir o seu melhor rendimento, como isolante térmico, e importante revisar a colocação da malha metálica na face do EPS que serve para fixação da argamassa de revestimento.



**Figura 40** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 16:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

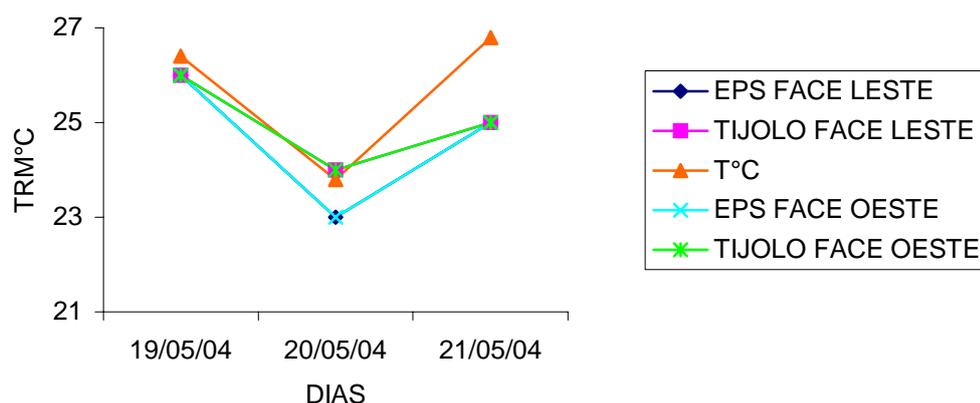
Os dados mostrados na Figura 41 evidenciam que no horário das 18:00 horas a radiação solar era menos eficiente que na primeira coleta devido à posição do sol no horizonte do lugar. Assim ocorria perda de calor para o meio de forma mais acentuada que no período anterior, evidenciando que o sistema construtivo composto por blocos de EPS tem maior facilidade para perder calor para o meio, devido ao material que o preenche ser um mau condutor térmico, assim como o ar que está presente no tijolo cerâmico de oito furos. Entretanto o EPS tem eficiência mais evidenciada, demonstrando que as características desta tecnologia onde os blocos de EPS preenchem os painéis verticais são mais adequadas para as características climáticas de nossa região.



**Figura 41** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 18:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

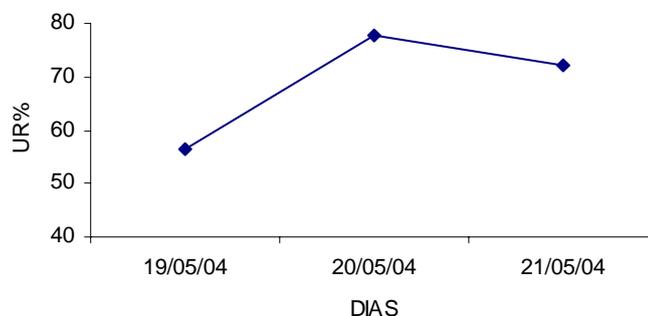
A Figura 42 demonstra o comportamento dos sistemas construtivos no período noturno quando não há mais incidência da radiação solar e os materiais de construção tem a tendência a perder calor para o meio.

Entre os dois sistemas analisados o que demonstrou maior facilidade de perda calorífica para o meio foi o composto por blocos de EPS devido a sua baixa condutividade térmica, alcançando valores mais adequados para o conforto das edificações.



**Figura 42** - Análise comparativa da temperatura radiante média (°C) entre painéis em EPS e tijolo cerâmico de oito furos para as 20:00 horas, de 19/05/04 à 21/05/04.

É importante ressaltar que, como observado na Figura 43, nesta coleta de dados houve uma inversão no comportamento do clima em relação à umidade relativa do ar (UR%), pois o segundo dia foi caracterizado por maiores valores desta variável sendo que na coleta anterior foi visto como o dia com menores valores desta. Como dito anteriormente, a influência da temperatura na umidade é grande para o clima de nossa região, assim como observamos nas Figuras anteriores, ou seja, sempre com valores da UR% mais elevada nos dias em que a T °C é inferior, sendo a maior diferença entre as duas coletas registradas.



**Figura 43** - Variação da umidade relativa do ar (UR%) média de 19/05/04 à 21/05/04.

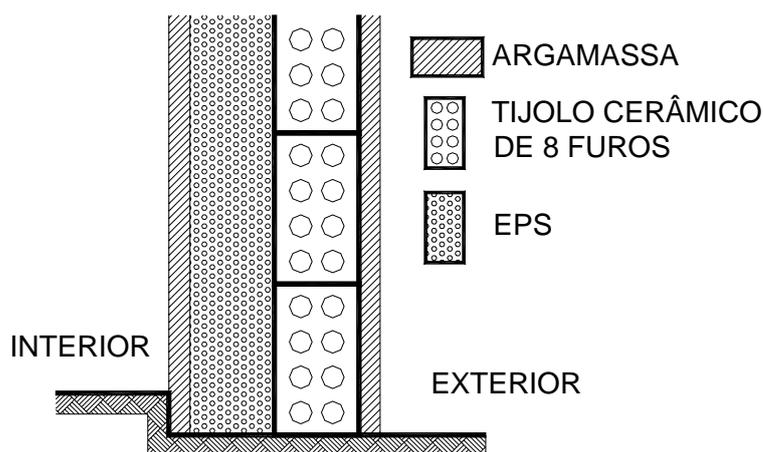
Após as coletas de dados podemos observar que o sistema composto por blocos de EPS da maneira como vem sendo feito ainda não potencializa as propriedades de isolamento térmico do material, sendo necessário rever este processo.

A partir da análise dos dados coletados determinamos que o painel composto por tijolos cerâmicos de oito furos absorve radiação inferior ao outro sistema estudado, sendo assim, um bom material para painéis de fechamento vertical, ou seja, aqueles voltados para o exterior das edificações. Porém a sua combinação com o EPS pode trazer grandes ganhos para o interior de ambientes edificados, podendo estes materiais formar um único sistema construtivo de painéis verticais, sendo que o tijolo de oito furos ficaria voltado para o exterior da edificação e o EPS voltado para o interior, tendo assim, com painel acabado com 25cm como mostrado na Figura 44, ou seja, semelhante a uma parede de uma vez, quando os tijolos são assentados

deitados, comum em edificações, porém, neste caso, com um ganho considerável de conforto.

É bom lembrar que o sistema construtivo composto por blocos de EPS teve um prejuízo considerável em relação ao seu isolamento térmico pela presença da tela de aço necessária para a fixação do chapisco, sendo mais interessante passar algum produto colante para preparar esta superfície, pois assim a absorção de calor se reduziria consideravelmente, principalmente na face voltada ao exterior que recebe radiação direta. Esses cuidados e tecnologia podem tornar o sistema certamente superior em rendimento ao de alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos. Entretanto, da maneira como o sistema vem sendo edificado neste momento não traz grandes ganhos em relação à tecnologia atual adotada na região para painéis verticais, ou seja, a alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos.

Ainda podemos configurar os materiais com o sistema de sanduíche, tendo nas extremidades o tijolo cerâmico de oito furos e no seu interior o EPS, porém sendo este sistema bem mais oneroso em relação ao proposto anteriormente e ainda ocupando um espaço maior na edificação, pois ficaria com uma largura de aproximadamente 35cm, mas certamente com um maior ganho de conforto para o interior de uma edificação.



**Figura 44** - Proposta de Painel de Fechamento Vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos, EPS e argamassa.

**Fonte:** Desenhos do Autor.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise comparativa dos sistemas podemos concluir que em uma edificação em que os painéis de fechamento vertical são compostos por EPS existe um maior isolamento térmico causando uma menor Temperatura Interna do Ar ambiente assim como uma maior Umidade Relativa do Ar, pois são, neste caso, inversamente proporcional. A edificação com os painéis de fechamento vertical composto por tijolos cerâmicos de oito furos alcançou resultados satisfatórios, porém sempre de 1 a 2 °C inferior a outra edificação estudada.

Em relação à análise específica dos painéis podemos dizer que ambos sistemas tem potencial isolante para o nosso clima, porém no sistema composto por blocos de EPS este isolamento é bem mais significativo e evidenciado nos dados coletados. Mas deve-se colocar uma ressalva, pois o sistema da maneira como vem sendo edificado diminui a eficiência do isolante já que necessita de uma tela de aço para que possa ser revestido, e este material por ser ótimo condutor térmico aumenta a absorção de radiação na face em que esta é incidente.

O painel composto por tijolos cerâmicos de oito furos absorve bem menos esta radiação tendo sempre demonstrado valores inferiores da TRM °C na face recebedora de radiação, porém o resultado em relação à face oposta é sempre inferior demonstrando este ter um menor potencial como isolante térmico.

O ideal para nosso clima seria a combinação dos dois sistemas, pois, desta forma poderíamos alcançar melhores resultados, onde os tijolos cerâmicos de oito furos ficariam voltados para a face externa da edificação e o EPS para a face interna, ou seja, potencializando os pontos fortes de cada sistema.

## 6.1 – RECOMENDAÇÕES

a – realização de novos estudos sobre o rendimento do sistema construtivo em painéis verticais compostos por blocos de EPS sem a utilização da malha metálica, pois esta demonstrou aumentar a absorção de calor na face em que incide radiação;

b – realização de testes comparativos entre os sistemas construtivos estudados e propostas de painéis verticais com composição mista, ou seja, onde existam conjuntamente o tijolo cerâmico e o EPS, dispostos de maneiras diversas, para que se possa determinar qual destas novas composições traz benefícios em relação ao isolamento térmico dos ambientes fechados;

c – análise da condutividade térmica dos sistemas construtivos com composição mista citados acima;

d – treinamento de mão de obra especializada local, a respeito destas novas tecnologias, para que os custos finais de uma edificação concluída sejam compatíveis com os atualmente encontrados no mercado da construção civil.

## 7 – BIBLIOGRAFIAS

### 7.1 – BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica. Disponível em: [www.abceram.gov.br](http://www.abceram.gov.br). Acesso em 22 nov. 2003.

ABRAPEX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. Disponível em: [www.abrapex.com.br](http://www.abrapex.com.br). Acessado em 17 out. 2003

ALVES, J. D. **Materiais de Construção**. Volume 1, 2º ED. São Paulo. Nobel. 1974. 259p.

ANDREASI, W. A. **Avaliação do impacto de estratégias Bioclimáticas na Temperatura interna de Edificações no Passo do Lontra, Pantanal do Estado de Mato Grosso do Sul**. 2001. 146f. (Dissertação de Mestrado) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC.

ANICER – Associação Industrial da Indústria Cerâmica. Disponível em: [www.anicer.com.br](http://www.anicer.com.br). Acesso em 22 nov. 2003.

ASSIS, E. L. **Mecanismos de desenho urbano apropriados a atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 5ª. Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332p.

BARBOSA, M. J. **Aplicação de uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico em Edificações Residenciais Unifamiliares ao Clima de Londrina/PR.** ENCAC 1997.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5° Ed., Vol. 02 – Rio de Janeiro: LTC, 1994. 951p.

BORNSTEIN, R. D. **Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City,** Journal of Applied Meteorology, Vol. 7, 1968, 575-582p.

CAMPBELL, G. S. **An Introduction to Environmental Biophysics.**1977, Spinger-Verlag, Heidelberg Science Library, Heidelberg, Berlin 159p.

CHAVES, R. **Como Construir uma Casa.** 1ª. ed. Rio de Janeiro. Tecnoprint. 1978. 173p.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental.** 2000 (Tese de Doutorado)- FAU/USP

DURANTE, L. C. **Conforto Ambiental de Escolas Estaduais de Cuiabá/Mato Grosso.** 2000 (Dissertação de Mestrado) UFMT.

FINGER, S. **Avaliação de Conforto Térmico de uma Residência de EPS em Cuiabá – MT.** 2003. 74f (Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil) – FAET/UFMT.

FROTA, A. B. & SCHIFFER S. R. **Manual do Conforto Térmico.** 5° ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001, 243p.

GIVONI, B. **Man Climate and Architecture.** London. Applied Science Publishers Ltd., 1981.483p.

GIVONI, B. **Climate Considerations Buildings an Urban Design**. New York. John Wiley & Sons, Inc. 1998. 464p.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998. 125p.

INCROPERA, F. P. & WITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 3ª ED., LTC, Rio de Janeiro, 1992, 455p.

ISO. **International Organization for Standardization Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. ISO 7730. Switzerland, 1984.

ISO. **Internacional Organization for Standardization Ergonomics of the thermal enviromente – Assesment of the influence of the thermal enviroment using subjective judgement scales**. ISO 10511. Switzerland, 1995.

LAMBERTS, R. et al. **Bioclimatologia aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico**. Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil/UFSC. 1994.

MACIEL, A. A. **Projeto Bioclimático em Brasília: Estudo de Caso em Edifício de Escritórios**. 2002 (Dissertação de Mestrado) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFSC.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional do Clima Urbano em Área Tropical Continental: O exemplo de Cuiabá/MT**.1994 (Tese de Doutorado) – USP.

MASCARÓ. L. R. **Luz, Clima e Arquitetura**. 3ª ED., Nobel, São Paulo, 1983, 189p.

MENDES, N. et al. **Transferencia de Calor e Umidade em parede no Verão de Florianópolis**. ENCAC 1997.

METALPLAC – A evolução da Construção Civil. Disponível em: <http://www.lajes.com.br/metalplac/metalplac.asp>. Acesso em 02 dez. 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – Departamento Nacional de Meteorologia. **Mudanças climáticas**. Brasília, 1977.

OKE, T. R. **Boundary Layers Climates**. Second Edition, Routledge, London and New York, 1987, 435p.

OLGYAY, V. **Arquitetura y Clima**. Barcelona. Editorial Gustavo Gili S.A. 1998. 203p.

ORNSTEIN. S. **Avaliação Pós-ocupação do Ambiente Construído**. São Paulo, Livro Studio Nobel Ltda, 1992, 233pp.

RAUBER, D. L. et al. **Análise de Softwares de Simulação Térmica Simulação para Diferentes Climats e Sala Comercial**. ENTAC 1993.

ROSS, J. L. S. & SANTOS, L. M. DOS, **Geomorfologia**, Projeto Radambrasil, Programa de Integração Nacional, Cap. II, Vol. 26, Folha CD 21 – Cuiabá, 1982, 222p.

XAVIER, A. A. P. **Temperatura interna de Conforto e Percentagem de Insatisfeitos para Atividade Escolar: Diferenças entre a Teoria e a Prática**. ENCAC 1997.

## 7.2 – BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ACEPE - ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL DO POLIESTIRENO EXPANDIDO EM PORTUGAL. Disponível em: [www.acepe.pt](http://www.acepe.pt). Acesso em 25 set. 2003.

ACERVIR – Associação das Cerâmicas Vermelhas de Itu e Região. Disponível em: [www.acervir.com.br](http://www.acervir.com.br). Acesso em 22 nov. 2003.

ADEBAYO, Y. R. **Short Communication, a note on the effects of urbanization on temperature in Ibadan.** Journal of Climatology, Vol. 7, p. 185-192, 1987.

ARQUITROP. **Manual do usuário.**

BUENO, A. D. **Transferencia de Calor e Umidade em Telas: Simulação e Análise Experimental.** 1994. 133f. (Dissertação de Mestrado) UFSC.

BORGES, A. C. **Prática das Pequenas Construções.** Volume I, 6º ED. São Paulo. Edgard Blucher. 1972. 297p.

CHANDLER, T. J. **London's Urban Climate.** The Geographical Journal, September, 1962, Vol. CXXVIII, part. 3.

DANNI-OLIVEIRA, I. N. **Aspectos conceituais do sistema Clima Urbano: Uma breve revisão bibliográfica sobre Ilhas de Calor.** Caderno de Geociências, Rio de Janeiro, n.15, p.13-26, jul./set. 1995.

DUCHON, C. E. **Temperature Trends at San Juan, Puerto Rico.** American Meteorological Society, Vol. 67, n 11, 1986.

GOTHS, S. et al **Um método transiente de Medição de Propriedades Térmicas de Materiais de Construção.** ENCAC 1990.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2ª ED. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.

GOULART, S. V. G. & LAMBERTS, R. **Dados Climáticos para avaliação de Desempenho Térmico de Edificações**. ENCAC 1993.

\_\_\_\_\_ **Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos para Análise Térmica de Edificações**. ENTAC 1993.

GRIMMOND, C. S. B. et al. **An Objective Urban Heat Storage Model and its Comparison with other Schemes**. Atmospheric Environment, Vol. 25B, pp 311-326, 1991. Printed in Great Britain.

JOHNSON, D. B. **Urban modification of the diurnal temperature cycles in Birmingham, U. K.** Journal of Climatology, Vol. 5, p. 221-225, 1985.

KIMURA, F. & TAKAHASHI, S. **The effects of land-use and antropogenic heating on the surface temperature in the Tokio metropolitan area: a numerical experiment**. Atmospheric Environment, Vol. 25B, pp 155-164, 1991. Printed in Great Britain.

LAMBERTS, R. **Influencia do Desempenho Térmico de Coberturas Leves com Atico no Conforto Térmico de Casas Populares**. ENCAC 1990.

\_\_\_\_\_ **Normalização em Eficiência Energética e Conforto Ambiental**. ENCAC 1997.

MACIEL, A. A. & LAMBERTS, R. **Edifício de Escritório em Brasília, uma Análise Bioclimática**. ENTAC 2002, Foz do Iguaçu, Paraná.

MAITELLI, G. T. **Crescimento Urbano e Tendências Climáticas em Cuiabá – MT: Período de 1920-1992.** Ver. Mato Grosso Geografia, Cuiabá, Ano 02, nº 01e 02, DEZ 1996/1997.

\_\_\_\_\_. **Influência da Altitude e Uso do Solo no Clima de Cidades Tropicais: Uma Comparação entre Cuiabá e Chapada dos Guimarães/MT.** VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais, Volume II, Curitiba/PR, 11 a 15 de Outubro de 1997.

MAITELLI, G. T. & ARAÚJO, R. C.- **Climatic Performance of Built Features in the Tropical Areas.** In: Fifth International Conference on Urban Climate - ICUC/5, 2003, Lodz. Fifth International Conference on Urban Climate. Lodz:Ed. Joanna Wibig and Iwona Gadjaj-Pijanowska, 2003. v.CD-ROM. p.P.13 - P.17.

MAITELLI, G. T. & WRIFGHT, I. R. **The climate of a riverside city in the Amazon Basin: urban-rural differences in the temperature and humidity.** Amazonian deforestation and climate. Edited by J. H. C. Gash, C. A. Nobre, J. M. Roberts and R. L. Victoria, Institute of Hydrology, 1996.

MOLION, L. C. B. **Um século e meio de Aquecimento Global.** Caderno de Geociências, Rio de Janeiro, n.15, p.45-56, jul./set. 1995.

MONTEITH, J. L. **Principles of Environmental Physics.** Edward Arnold, London, 241p.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental.** Fortaleza, Edições UFC, 1981.

NARCISO FILHO, P. A. L. & LAMBERTS, R. **Avaliação do funcionamento do Programa de Simulação Térmica de Ambientes Casamo-Clim.** ENTAC 1993.

NIEUWOLT, S. **Urban planning and building desing for urban centers in the humid tropics**. African Urban Quaterly, Vol. 5, Nos 1 and 2, February and May, 1990.

PAPST, A. L. & LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de 3 Edificações Residenciais em Florianópolis-SC**. ENCAC 1999, Fortaleza, CE.

\_\_\_\_\_ **Relacionamento da Temperatura Interna e Externa em Edificações Residenciais Naturalmente Ventiladas**. ENCAC 2001, São Pedro, São Paulo.

PEREIRA, C. A. et al. **Avaliação do Desempenho Térmico de Cobertura e Análise das Tensões de Cisalhamento Aplicadas à Alvenaria**. ENTAC 1995.

PIETROBON, C. E. et al. **Estratégias Bioclimáticas para o Projeto de Edificações: Conceituação e Aplicação para Maringá, Paraná**. ENCAC 2001, São Pedro, Sp.

RAUBER, D. L. et al. **Comparação de Softwares de Análise Térmica de Edificações: Resultados para um Projeto Padrão e Interface Programa – Usuário**. ENCAC 1993.

RORIZ, M. et al. **Uma Proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares**. ENCAC 1999, Fortaleza, CE.

SILVA, A. C. S. B. et al. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro para fins de Edificação**. ENCAC 1995, Gramado, RS.

YAMASHITA, S. **The Urban Climate of Tokio**. Geographical Review of Japan, Vol. 63 (Ser. B), No 1, 98-107, 1990.

VAN BELLEN, H. M. et al. **Comparação de softwares de análise térmica de edificações de análise de sensibilidade.** 1993. ENCAC 1993.

VIGORELLI, R. **Manual do Construtor.** São Paulo. Hemus. 1969. 181p.